

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISIS LIDIANE NORATO DE SOUZA

EPISÓDIOS HISTÓRICOS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA NO ENSINO DE
CIÊNCIAS: A NATUREZA DA CIÊNCIA SOB O OLHAR FLECKIANO

CURITIBA

2025

ISIS LIDIANE NORATO DE SOUZA

EPISÓDIOS HISTÓRICOS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA NO ENSINO DE
CIÊNCIAS: A NATUREZA DA CIÊNCIA SOB O OLHAR FLECKIANO

Tese apresentada para obtenção do título de doutora pela Universidade Federal do Paraná, na área de Educação em Ciências e em Matemática, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, do Setor de Ciências Exatas.

Orientadora: Profa. Dra. Joanez Aparecida Aires
Coorientador: Prof. Dr. Roberto Gonçalves
Barbosa

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Souza, Isis Lidiane Norato de
Episódios históricos como estratégia didática no ensino de ciências: a
natureza da ciência sob o olhar Fleckiano. / Isis Lidiane Norato de Souza. –
Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Tese – (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e em Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Joanez
Aires Coorientador: Prof. Dr. Roberto
Gonçalves Barbosa

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ISIS LIDIANE NORATO DE SOUZA**, intitulada: **EPISÓDIOS HISTÓRICOS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A NATUREZA DA CIÊNCIA SOB O OLHAR FLECKIANO**, sob orientação da Profa. Dra. JOANEZ APARECIDA AIRES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Setembro de 2025.

Assinatura Eletrônica

15/10/2025 12:02:20.0

JOANEZ APARECIDA AIRES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

13/10/2025 08:03:37.0

EVANDRO FORTES ROZENTALSKI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ)

Assinatura Eletrônica

13/10/2025 15:06:55.0

DEIVIDI MARCIO MARQUES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

Assinatura Eletrônica

14/10/2025 10:10:15.0

DANISLEI BERTONI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

10/10/2025 17:12:17.0

TIAGO VENTURI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

10/10/2025 15:54:43.0

ROBERTO GONÇALVES BARBOSA

Coorientador(a) (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esta tese aos meus estimados sobrinhos Lucas, Kekel e Sam, vocês
são os mais belos presentes que recebi dos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por seu meu bom pastor, meu Abba Pai, meu provedor, a quem eu confio que pode fazer infinitamente mais do que eu pedir ou pensar.

Agradeço aos meus pais, Paulo Renato e Ivone, e avó Lilinha, pelo apoio emocional e suporte, pelas orações e pelo amor incondicional.

Agradeço aos meus irmãos Paulinho e Daniel, e cunhadas Luana e Juliani, por estarem sempre presente em minha vida. Agradeço ao meu estimado sobrinho Lucas, a quem eu ministrei as aulas desta Sequência e que, pacientemente, contribuiu com valiosas sugestões para melhorias nas aulas.

Agradeço a minha professora orientadora Dra. Joanez Aires, pela jornada que construímos desde o PIBID, mestrado e doutorado, por seu grande amor à Educação e por ter me inspirado a ser professora.

Agradeço meu professor Dr. Roberto Gonçalves Barbosa, por suas ricas contribuições na escrita desta tese e pelo apoio emocional nas orientações.

Agradeço aos professores doutores que estiveram presente nas bancas de qualificação e de defesa, pela dedicação e pelas contribuições que puderam enriquecer o presente trabalho.

Aos meus colegas do grupo de estudo de História, Filosofia e Sociologia da Ciência, pela jornada que construímos na realização do doutorado e pelos momentos compartilhados. Obrigada Elda pela doação do livro *Cognition and Facts*. Obrigada Estéfano pelas valiosas contribuições ao meu trabalho do doutorado e pelo companheirismo durante a jornada.

Agradeço as minhas amigas do grupo de estudos “Interação e Pesquisa no Ensino de Ciências”, Barbara, Nara Aline, Lorrana Nara e Antônia Adriana, que me apoiam e me inspiram a prosseguir nessa jornada. A amizade de vocês é um presente que ilumina meus dias e me fortalece.

Agradeço ao professor Dr. Mauro Condé, pelas aulas de História e Filosofia da Ciência e por ministrar a epistemologia de Fleck com muita dedicação.

Agradeço aos estudantes, professores e equipe da direção do Colégio onde ocorreu o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelos 36 meses de apoio financeiro durante a realização deste doutorado.

“I don´t care who you are, where you’re from, what you did, as long as you
love me”.

Backstreet Boys, As Long As You Love Me¹.

¹ [Não importa quem você é, de onde vem, o que fez, me importa o afeto, o vínculo que construímos.]
Inspiração na música *As Long As You Love Me* de *Backstreet Boys*.

RESUMO

Discussões sobre a ciência, e sobre processos de construções do conhecimento científico, são necessárias em sala de aula para que estudantes pensem sobre a estrutura da ciência e como essa se insere na sociedade. Desse modo, diante de problemáticas atuais, como o caso de uma pandemia, os estudantes podem formar criticidade, desenvolver a decisão em tomar vacinas e se posicionar com relação ao negacionismo da ciência (ser antinegacionista). Assim, cabe a nós professores e pesquisadores em Educação em Ciências pensarmos também sobre a ciência que ensinamos, para além do quê ensinamos. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo analisar se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência. Ou seja, o tema principal desta pesquisa foi apresentar a epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961) no Ensino de Ciências como linha de defesa. O objeto da pesquisa correspondeu a análise dos resultados do planejamento e desenvolvimento de uma Sequência Didática baseada em episódios históricos para estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Curitiba, no Estado do Paraná, no Brasil. Em relação à metodologia de pesquisa, adotamos uma abordagem qualitativa e uma Pesquisa de Intervenção Pedagógica. Quanto à análise de dados, foi usada a Análise de Conteúdo, tendo por base Bardin (2016). Optamos como fundamento teórico-metodológico a epistemologia de Fleck (2010), a qual nos apresenta um modelo para percebermos os processos de construção da ciência, além de alguns aspectos da Natureza da Ciência, a depender da estratégia didática utilizada. Como principais resultados, em relação ao episódio “A História do DNA”, foi possível a compreensão do caráter coletivo na pesquisa científica. A categoria fleckiana mais compreendida pelos estudantes foi Coletivo de Pensamento (CP). Já as categorias de Estilo de Pensamento e Fato Científico foram associadas pelos estudantes ao método científico, como maneira de se fazer ciência. Alguns elementos de Natureza da Ciência citados foram a existência de conhecimentos anteriores na formulação de um novo conhecimento. Após discussão sobre a construção social do DNA, foi notado o caráter interdisciplinar na ciência, como também a questão de desigualdade de gênero. As categorias emergentes ao final do Episódio Histórico foram: 1) Construção social da ciência; 2) construção do conhecimento científico e 3) funcionamento da ciência. As contribuições da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências estão na potencialidade para desenraizar o ensino tradicional de ciência, aquela de concepção empírico-indutivista. Além da potencialidade de desmistificar concepções pouco reflexivas sobre a Natureza da Ciência, como exemplo: a concepção individualista e elitista e a concepção socialmente neutra da ciência. Vale ressaltar que os estudantes possuem conhecimentos prévios e um histórico escolar marcado por concepções pouco reflexivas sobre a Ciência, ainda presentes nos conteúdos/textos didáticos e reafirmados pela mídia. Adotar a epistemologia de Fleck na Educação Básica foi desafiador, contudo, muito necessária para pensarmos em transformações e melhorias para o Ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; epistemologia de Fleck; Episódio Histórico; História da Ciência; Natureza da Ciência.

ABSTRACT

Discussions about science and the processes of constructing scientific knowledge, are necessary in the classroom so that students think about the structure of science and how it is included in society. They also aim at building up criticality to face current problems, such as the case of a pandemic, when making decisions about taking vaccines for example, and taking a stance in relation to science denialism (being anti-denial). Therefore, it is up to us teachers and researchers in Science Education to also think about the science we teach, beyond what we teach. For this reason, this work aimed to analyze whether and how the study of Historical Episode of DNA, through a Teaching Sequence, based on Fleck's epistemology can contribute to high school students' reflections on the Nature of Science. In other words, the main theme of this research was to present Ludwik Fleck's (1896-1961) epistemology in Science Education a line of defense. The research focused on analyzing the planning and development of a Teaching Sequence based on Historical Episodes for 2nd-year high school students at a public school in Curitiba, state of Paraná, Brazil. As for the research methodology, we adopted a qualitative approach and Pedagogical Intervention Research. Content Analysis, based on Bardin (2016) was used to analyze the data. We chose Fleck's epistemology as a theoretical-methodological foundation, which presents us with a model to understand science construction processes, in addition to some aspects of the Nature of Science, depending on the teaching strategy used. As main results, in relation to the episode "The History of DNA", it was possible to understand the collective character of scientific research. Regarding Fleck's categories, Collective Thought was the most perceived by students. The categories of Thinking Style and Scientific Fact were associated by the students with the scientific methods, as a way of doing science. Some elements of the Nature of Science mentioned were the existence of prior knowledge in the formulation of new knowledge. After discussing the episode about social construction of DNA, the interdisciplinary nature of science was noted, as well as the issue of gender inequality. The categories that emerged at the end of the Historical Episode were: 1) Social construction of science; 2) construction of scientific knowledge; and 3) functioning of science. The contributions of Fleck's epistemology to Science Education lie in its potential to uproot traditional science teaching, that is, the one based on empirical-inductivist conception. In addition to its potential to demystify unreflective conceptions about the Nature of Science, such as the individualistic and elitist conception and the socially neutral conception of science. It is worth noting that students possess prior knowledge and a school history marked by unreflective conceptions about science, which are still found in textbooks and reinforced by the media. Adopting Fleck's epistemology in Basic Education was challenging, but very necessary to promote thinking about transformations and improvements in Science Education.

Keywords: Science Education; Fleck's epistemology; Historical Episode; History of Science; Nature of Science.

RESUMEN

Las discusiones sobre la ciencia y los procesos de construcción del conocimiento científico son necesarias en el aula para que los estudiantes puedan reflexionar sobre la estructura de la ciencia y cómo se integra en la sociedad. Ante los problemas actuales, como el caso de una pandemia, los estudiantes pueden formar la criticidad, desarrollar la decisión de vacunarse y tomar una postura en relación al negacionismo de la ciencia (ser antinegacionista). Por lo tanto, nos corresponde a nosotros docentes e investigadores en Educación Científica pensar también en la ciencia que enseñamos, además de lo que enseñamos. Este trabajo tuvo como objetivo analizar si y cómo el estudio del Episodio Histórico del ADN, a través de una Secuencia Didáctica, basada en la epistemología fleckiana, puede contribuir a que estudiantes de secundaria reflexionen sobre la Naturaleza de la Ciencia. O sea, el tema principal de esta investigación fue presentar la epistemología de Ludwik Fleck (1896-1961) en la Enseñanza de las Ciencias como línea de defensa. El objeto de la investigación correspondió al análisis de los resultados de la propuesta para estudiantes de segundo año de enseñanza media de una escuela pública de Curitiba, en el Estado de Paraná, en Brasil. Para la metodología de la investigación, adoptamos un enfoque cualitativo y la Investigación de Intervención Pedagógica. Para al análisis de los datos, se utilizó el Análisis de Contenido. Elegimos como fundamento teórico-metodológico la epistemología de Fleck, la cual nos presenta un modelo para comprender los procesos de construcción de la ciencia, además de algunos aspectos de la Naturaleza de la Ciencia, dependiendo de la estrategia de enseñanza utilizada. Como principales resultados, en relación al episodio "La Historia del ADN", fue posible comprender el carácter colectivo en la investigación científica. La categoría fleckiana más percibida por los estudiantes fue el Pensamiento Colectivo. Mientras Estilo de Pensamiento y Hecho Científico fueron asociadas por los estudiantes con el método científico, como forma de hacer ciencia. Algunos elementos de la Naturaleza de la Ciencia mencionados fueron la existencia de conocimiento previo en la formulación de nuevos conocimientos. Luego de discutir la construcción social del ADN, se destacó el carácter interdisciplinario de la ciencia, así como la desigualdad de género. Las categorías que emergieron al final del episodio fueron: 1) Construcción social de la ciencia; 2) construcción del conocimiento científico; y 3) funcionamiento de la ciencia. Las contribuciones de la epistemología fleckiana a la Educación científica radican en su potencial para desarraigar la enseñanza tradicional de las ciencias, la concepción empírico-inductivista. Además del potencial para desmitificar concepciones irreflexivas sobre la Ciencia, como: la concepción individualista y elitista y la concepción socialmente neutral de la ciencia. Cabe destacar que los estudiantes tienen conocimientos previos y una formación educativa marcada por concepciones irreflexivas sobre la ciencia, las cuales aún están presentes en los libros de texto y reforzadas por los medios de comunicación. Adoptar la epistemología fleckiana en la Educación Básica fue un desafío, pero muy necesario para pensar en transformaciones y mejoras en la Educación Científica.

Palabras-clave: Enseñanza de las Ciencias; la epistemología de Fleck; Episodio Histórico; Historia de la Ciencia; Naturaleza de las Ciencias.

ZUSAMMENFASSUNG

Diskussionen über Naturwissenschaften sowie über die Prozesse des Aufbaus wissenschaftlicher Erkenntnisse sind im Unterricht notwendig, damit die Schüler über die Struktur der Naturwissenschaften und ihre Einordnung in die Gesellschaft nachdenken können. So können die Studenten im Umgang mit aktuellen Problemen, wie beispielsweise einer Pandemie, kritisches Denkvermögen entwickeln, fundierte Entscheidungen über Impfungen treffen und sich gegen Wissenschaftsleugnung positionieren. Daher liegt es an uns Lehrern und Forschern im naturwissenschaftlichen Unterricht über das, was wir unterrichten, zu reflektieren. Ziel dieser Studie war es zu analysieren, ob und wie das Studium der historischen Episode der DNA anhand einer didaktischen Sequenz, die auf Flecks Erkenntnistheorie basiert, dazu beitragen kann, dass Oberstufenschüler über das Wesen der Wissenschaft reflektieren. Mit anderen Worten, das Hauptthema dieser Arbeit war es, Ludwik Flecks (1896-1961) Erkenntnistheorie in der naturwissenschaftlichen Bildung als Ansatz darzustellen. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die Planung und Entwicklung einer Unterrichtssequenz, die auf einer historischen Episode basiert und sich an Schüler der zweiten Jahrgangsstufe an einer öffentlichen Sekundarschule in Curitiba, Paraná, Brasilien richtet. Wie die Forschungsmethodik betrifft, haben wir einen qualitativen Ansatz und die pädagogische Interventionsforschung gewählt, die uns je nach Unterrichtsstrategie ein Modell zum Verständnis der Konstruktionsprozesse der Naturwissenschaft präsentiert. Das wichtigste Ergebnis von „Die Geschichte der DNA“ war das Verständnis des kollektiven Charakters der Wissenschaft. Das von den Studenten am besten verstandene Konzept aus Flecks Erkenntnistheorie war das Denkkollektiv. Die Kategorien Denkstil und Tatsache wurden von den Schülern mit der wissenschaftlichen Methode als einer Vorgehensweise in der Wissenschaft in Verbindung gebracht. Zu den erwähnten Elementen der Naturwissenschaft gehörte das Vorwissen bei der Formulierung neuen Wissens, auf den interdisziplinären Bereich sowie auf die Problematik der Geschlechterungleichheit hingewiesen. Die Kategorien, die sich am Ende der historischen Episode herauskristallisierten, waren: 1) Soziale Konstruktion der Wissenschaft; 2) Konstruktion wissenschaftlichen Wissens; und 3) Funktionalität der Wissenschaft. Flecks erkenntnistheoretische Beiträge zur naturwissenschaftlichen Bildung liegen in ihrem Potenzial, den traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht, der auf einem empirisch-induktivistischen Verständnis beruht, grundlegend zu verändern. Zusätzlich zu diesem Potenzial, unreflektierte Vorstellungen über das Wesen der Wissenschaft zu entmystifizieren, wie etwa die individualistische und elitäre Auffassung und die sozialneutrale Auffassung von Wissenschaft. Es ist bemerkenswert, dass die Schüler über Vorwissen und einen Bildungshintergrund verfügen, der von unreflektierten Vorstellungen von Wissenschaft geprägt ist, die noch immer in Lehrbüchern präsent sind und durch die Medien verstärkt werden. Die Übernahme von Flecks Erkenntnistheorie in der Sekundarschulbildung war zwar eine Herausforderung, aber für das Nachdenken über Transformationen und Verbesserungen im naturwissenschaftlichen Unterricht unerlässlich.

Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht; Fleck Erkenntnistheorie; Historische Episode; Geschichte der Wissenschaft; Natur der Wissenschaften.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - FOTO DE LUDWIK FLECK (1896-1961)	26
FIGURA 2 - OLHAR, VER, SABER: OBSERVAÇÃO TREINADA NA CONEXÃO	58
FIGURA 3 - PERCEPÇÃO DA FORMA: FERROVIA OU DRAGÃO?.....	59
FIGURA 4 - EXEMPLO DE <i>GESTALT</i> (PERCEPÇÃO DA FORMA)	59
FIGURA 5 - PANORAMA DA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA.....	87
FIGURA 6 – REGISTRO DE UM “COLETIVO DE PENSAMENTO” (CONGRESSO DE SOLVAY DE 1927): MARIE CURIE ÚNICA REPRESENTANTE FEMININA	106
FIGURA 7 - A EVOLUÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA.....	117
FIGURA 8 - APRESENTAÇÃO DE MODELOS ATÔMICOS.....	161
FIGURA 9 - PRODUTOS QUÍMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	163
FIGURA 10 - A TALIDOMIDA E OUTROS IMPACTOS AMBIENTAIS	163
FIGURA 11 - CAMINHOS METODOLÓGICOS	171
FIGURA 12 - DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA ESCOLA	174
FIGURA 13 - CATEGORIA 1: CONSTRUÇÃO SOCIAL DA CIÊNCIA.....	225
FIGURA 14 - CATEGORIA 2: CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	226
FIGURA 15 - CATEGORIA 3: FUNCIONAMENTO DA CIÊNCIA.....	227
FIGURA 16 - FOTOS DE CIENTISTAS DA CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA....	231
FIGURA 17 - CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	235
FIGURA 18 - DISCUSSÃO DA AULA "CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA"	286
FIGURA 19 - DISCUSSÃO DA AULA "CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA"	286
FIGURA 20 - DISCUSSÃO DA AULA "CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA"	287
FIGURA 21 -AULA “EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O ANTIATOMISMO”	303
FIGURA 22 - AULA “EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O ANTIATOMISMO”	304
FIGURA 23 - AULA “EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O ANTIATOMISMO”	304
FIGURA 24 -REAÇÃO DA SÍNTESE DA ÁGUA.....	305
FIGURA 25 - AULA “EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O ANTIATOMISMO”	305
FIGURA 26 - AULA “EVOLUÇÃO DO BENZENO”	314
FIGURA 27 - AULA “EVOLUÇÃO DO BENZENO”	315

FIGURA 28 - AULA “DISCUSSÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DO BENZENO”	320
FIGURA 29 - A PILHA DE DANIELL	322

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - DELIMITAÇÃO DA CIÊNCIA E MÉTODO CIENTÍFICO	177
GRÁFICO 2 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - PLURALISMO METODOLÓGICO	178
GRÁFICO 3 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA INDIVIDUALISTA E ELITISTA.....	179
GRÁFICO 4 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA INFLUENCIADA POR FATORES EXTERNOS	180
GRÁFICO 5 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - OBSERVAÇÃO NEUTRA.....	181
GRÁFICO 6 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - OBSERVAÇÃO INFLUENCIADA PELA TEORIA	181
GRÁFICO 7 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - MÉTODO CIENTÍFICO	182
GRÁFICO 8 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CARÁTER HISTÓRICO E DINÂMICO NA CIÊNCIA	183
GRÁFICO 9 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - MÉTODO CIENTÍFICO	184
GRÁFICO 10 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA COLETIVA	185
GRÁFICO 11 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA INDIVIDUAL E ELITISTA; GÊNERO NA CIÊNCIA	186
GRÁFICO 12 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - DIVERSIDADE NA CIÊNCIA	187
GRÁFICO 13 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA NÃO PROBLEMÁTICA E AHISTÓRICA	188
GRÁFICO 14 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA ACUMULATIVA E DE CRESCIMENTO LINEAR	189
GRÁFICO 15 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - INTERDISCIPLINARIEDADE NA CIÊNCIA	190
GRÁFICO 16 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS - CIÊNCIA SOCIALMENTE NEUTRA	191

LISTA DOS QUADROS

QUADRO 1 - O QUE KUHN (2011) NÃO ASSIMILOU DE FLECK (2010)	37
QUADRO 2 - CONCEPÇÕES “INGÊNUAS” DE CIÊNCIA VERSUS “VISÕES DE ENFRENTAMENTO” E CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA EM FLECK.....	135
QUADRO 3 - ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E FLECK	136
QUADRO 4 - CARACTERÍSTICAS DA CIÊNCIA E FLECK	139
QUADRO 5 - ESTRUTURA PEDAGÓGICA DAS AULAS 01 A 03- CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA.....	150
QUADRO 6 - ESTRUTURA PEDAGÓGICA DAS AULAS 04 E 05- A EPISTEMOLOGIA DE FLECK – E DAS AULAS 06 E 07 – HISTÓRIA DO DNA	151
QUADRO 7 - ESTRUTURA PEDAGÓGICA DAS AULAS 08 A 10- EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E ANTIATOMISMO	152
QUADRO 8 - ESTRUTURA PEDAGÓGICA DAS AULAS 11 E 12 - EVOLUÇÃO DO BENZENO	153
QUADRO 9 - PLANEJAMENTO DAS AULAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) .	155
QUADRO 10 - A QUÍMICA COMO TECNOCIÊNCIA	162
QUADRO 11 - CATEGORIAS A <i>PRIORI</i>	165
QUADRO 12 - CONCEITOS DE FLECK (2010) E NOSSA INTERPRETAÇÃO	193
QUADRO 13 – GRUPO 1. ANÁLISE DA QUESTÃO 1 DA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ .Q ₁ – C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄)	194
QUADRO 14 - ANÁLISE DA QUESTÃO 2 DA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ .Q ₂ – C ₁ , C ₂ , C ₃ E C ₄).....	198
QUADRO 15 - ANÁLISE DA QUESTÃO 3 DA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ .Q ₃ .C ₁ E G ₁ .Q ₃ .C ₂).....	203
QUADRO 16 - ANÁLISE DO ESTILO DE PENSAMENTO (EP) NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ .Q ₄ .EP.C ₁ .C ₂ .C ₃ .C ₄).....	208
QUADRO 17 - ANÁLISE DA MUTAÇÃO NO ESTILO DE PENSAMENTO NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ Q ₄ MUTAÇÃOEP.C ₁ C ₂ C ₃).....	211
QUADRO 18 - ANÁLISE DO COLETIVO DE PENSAMENTO NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ Q ₄ CPC ₁ C ₂)	215
QUADRO 19 - ANÁLISE DE FATO CIENTÍFICO NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ Q ₄ FATOCIENTIFICOC ₁ C ₂)	217

QUADRO 20 - ANÁLISE DA HARMONIA DAS ILUSÕES NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ Q ₄ HARMONIADASILUSOESC ₁).....	218
QUADRO 21 - ANÁLISE DE ASPECTOS DA NDC, NA HISTÓRIA DO DNA (G ₁ Q ₄ NDCC ₁ C ₂ C ₃ C ₄)	220
QUADRO 22 - TRECHO DA AULA A RESPEITO DA "DESCOBERTA DO DNA"	231
QUADRO 23 - DIÁLOGO SOBRE A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA.....	233
QUADRO 24 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS: A HISTÓRIA DO DNA.....	273
QUADRO 25 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS: A HISTÓRIA DO DNA (MARCA TEXTO).....	281
QUADRO 26 - VERSÃO TRADUZIDA DO ARTIGO CLÁSSICO DE WATSON E CRICK (1953)	292
QUADRO 27 - CONCEITOS DE FLECK (2010) E NOSSA INTERPRETAÇÃO	294
QUADRO 28 - POSSIBILIDADES DE DISCUSSÃO SOBRE A CIÊNCIA E A EPISTEMOLOGIA DE FLECK	295
QUADRO 29 - CONCEITOS EPISTEMOLÓGICOS NA HISTÓRIA DO DNA.....	298
QUADRO 30 - A HISTÓRIA DO ANTIATOMISMO	300
QUADRO 31 - CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DO ANTIATOMISMO PARA O ENSINO	306
QUADRO 32 - RESPOSTAS SOBRE AS REFLEXÕES.....	310
QUADRO 33 - A EVOLUÇÃO DO BENZENO	311
QUADRO 34 - A EVOLUÇÃO DO BENZENO (MARCA TEXTO).....	316
QUADRO 35 - RESPOSTAS SOBRE AS REFLEXÕES.....	320
QUADRO 36 - DESMISTIFICAÇÃO DA PILHA DE DANIELL	322
QUADRO 37 - CONCEITOS DE FLECK (2010) E NOSSA INTERPRETAÇÃO	326
QUADRO 38 - DESMISTIFICAÇÃO DA PILHA DE DANIELL (MARCA TEXTO)...	326
QUADRO 39 - CONCEITOS DE FLECK (2010) NA DESMISTIFICAÇÃO DA PILHA DE DANIELL	330
QUADRO 40 - TRANSCRIÇÃO DA AULA 07	331

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AC	- Alfabetização Científica
ACT	- Alfabetização Científica e Tecnológica
C&T	- Ciência e Tecnologia
CTS	- Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
CFC	- Clorofluorcarboneto
CP	- Coletivo de Pensamento
BNCC	- Base Nacional Comum Curricular
DDT	- Diclorodifeniltricloroetano
DNA	- Ácido desoxirribonucleico
EH	- Episódio Histórico
ENEQ	- Encontro Nacional do Ensino de Química
ENPEC	- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EP	- Estilo de Pensamento
EUA	- Estados Unidos da América
HC	- História da Ciência
HFC	- História e Filosofia da Ciência
HFSC	- História, Filosofia e Sociologia da Ciência
NdC	- Natureza da Ciência
PIBID	- Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PNLD	- Plano Nacional do Livro Didático
PPGECM	- Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática
SD	- Sequência Didática
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
URSS	- União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK (1896-1961).....	25
2.1 QUEM FOI LUDWIK FLECK?	25
2.1.1 A Origem e Contextos do Pensamento de Fleck	30
2.1.2 O Pensamento Fleckiano Em Seus Artigos Científicos	32
2.2 FLECK VERSUS KUHN	35
2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA.....	39
2.4 CONCEITOS DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA	49
3 A HISTÓRIA, FILOSOFIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA NUMA PERSPECTIVA FLECKIANA: CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS	74
3.1 A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	84
3.1.1 A Epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências.....	92
3.2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	97
3.3 ASPECTOS DA HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA	106
3.4 DIFERENCIAL DA EPISTEMOLOGIA DE FLECK PARA A HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA.....	118
4 FLECK E A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	125
4.1 CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA EM FLECK E A NATUREZA DA CIÊNCIA	131
5 CAMINHOS METODOLÓGICOS	141
5.1 O CONTEXTO DA PESQUISA	143
5.2 OS EPISÓDIOS HISTÓRICOS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA	145
5.3 A ESTRUTURA PEDAGÓGICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD): “A EPISTEMOLOGIA DE FLECK EM EPISÓDIOS HISTÓRICOS”.....	149
5.4 ESTRUTURA PRÁTICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	154
5.4.1 Momento I – Planejamento e Desenvolvimento da Sequência Didática.....	155
5.4.2 Momento II – Critérios para a Análise Epistemológica Fleckiana	165
5.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE DE CONTEÚDO TEMÁTICA - CATEGORIAL	167
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	172
6.1 ETAPA 1: O CONTEXTO DA PESQUISA NA ESCOLA.....	173
6.1.1 O PERFIL DOS ESTUDANTES.....	177

6.2 ETAPA 2: EPISÓDIO HISTÓRICO - A HISTÓRIA DO DNA À LUZ DO REFERENCIAL FLECKIANO	192
6.2.1 GRUPO 1: QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ESTUDANTES.....	193
6.2.1.1 Categorias do Episódio Histórico do DNA	223
6.2.2 GRUPO 2: TRANSCRIÇÃO DA AULA GRAVADA – DISCUSSÃO SOBRE A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA	230
6.3 GRUPO 3: DIÁRIO DE PESQUISA – DESAFIOS DA INSERÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DE FLECK	238
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	243
7.1 SUGESTÕES PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS	246
7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	251
REFERÊNCIAS	253
APÊNDICE A - AULAS APLICADAS	271
APÊNDICE B – AULA DE C&T PLANEJADA E NÃO APLICADA	321
APÊNDICE C – TRANSCRIÇÃO DA AULA 07: A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA.....	331
ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)....	335

1 NTRODUÇÃO

A presente pesquisa foi empírica e ocorreu no Ensino de Ciências/Química, especificamente para estudantes do 2º ano do Ensino Médio em uma escola pública de Curitiba, no Estado do Paraná, Brasil. Tratou-se de uma Pesquisa de Intervenção Pedagógica na qual teve-se como objeto de estudo a análise do desenvolvimento de uma Sequência Didática (SD), a qual foi baseada na tessitura de um Episódio Histórico como uma estratégia didática para compreensão de processos de construção da ciência, de modo que se percebessem elementos da Natureza da Ciência. Por exemplo: como ocorre a produção do conhecimento ou como os cientistas aperfeiçoam ou rejeitam as teorias científicas. Os temas centrais desta pesquisa são a História da Ciência e a epistemologia da ciência, especialmente a de Ludwik Fleck (1986-1961).

Minha aproximação com a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) ocorreu durante o período de graduação em Bacharelado e Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), quando participei do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), entre 2010 e 2015. Embora tenha como objetivos principais o Ensino e a formação docente, o PIBID representou para mim a melhor oportunidade que tive dentro da universidade de conhecer e estar inserida em alguma área de pesquisa. Visto que no PIBID recebi uma formação inicial na área pedagógica de qualidade, construí o sonho de ser professora e tive o privilégio de aprender sobre a linha de pesquisa em História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC).

Dentro do PIBID realizávamos estudos do referencial teórico na área, planejavamos propostas didáticas em conjunto com professores supervisores das escolas conveniadas e desenvolvíamos estas propostas. Após, analisávamos as atividades desenvolvidas e, por fim, escrevíamos artigos para eventos da área de Educação em Ciências. Nessa ocasião conheci as primeiras bibliografias sobre a HFSC, tais como Matthews (1995) e a epistemologia da ciência com Thomas Kuhn (2011).

Antes de ingressar no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM/UFPR), realizei uma disciplina isolada, intitulada: “Tópicos em Educação em Ciências: História e Filosofia da Ciência”.

Nesta, aprofundei os estudos sobre as aproximações da linha HFSC com o Ensino de Química e conheci a epistemologia de Fleck, médico e microbiologista, autor de “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico” (Fleck, 2010), influenciador de Thomas Kuhn (1922-1996) em relação aos aspectos sociais no desenvolvimento do conhecimento científico e a respeito da historicidade da ciência, como menciona Condé (2017).

A partir destas leituras, desenvolvi a dissertação intitulada “A construção coletiva da ligação covalente por Linus Pauling, Gilbert N. Lewis, Irving Langmuir: um estudo sobre a emergência de um fato científico” (Souza, 2020). Neste estudo foi utilizada a fundamentação e análise epistemológica de Ludwik Fleck para interpretar fontes primárias relacionados ao cientista Linus Pauling (1901-1994), referente à construção do conhecimento sobre a Ligação Química. Tratou-se de uma pesquisa qualitativa do tipo documental e bibliográfica. O modelo epistemológico fleckiano nos traz uma matriz biológica para perceber a origem e evolução de um Fato Científico dentro de um Coletivo e Estilo de Pensamento, ou mesmo mutações no Estilo de Pensamento, entre outros conceitos e possibilidades existentes na sua rica Teoria do Conhecimento.

Na dissertação, busquei compreender como os fundamentos da Teoria da Ligação Química foram construídos no início século XX. Como exemplo dos conceitos fleckianos explorados, em Souza (2020) foi interpretado o Fato Científico, ou seja, o objeto do conhecimento dos químicos Linus Pauling, Gilbert N. Lewis, Irving Langmuir. Investigou-se a que Coletivo(s) de Pensamento os químicos citados pertenceram, quais circulações de ideias ocorreram entre os membros daquele saber especializado e qual Estilo de Pensamento estava presente naquele(s) contexto(s) científico(s).

Por meio destas experiências vivenciadas no PIBID e, em especial, na pesquisa do mestrado, senti a necessidade não só de ampliar minha compreensão sobre HFSC, mas principalmente investigar potencialidades desta abordagem para o Ensino de Ciências/ Química. Como na dissertação realizei uma pesquisa teórica, considerei ser relevante que, no doutorado, a epistemologia de Fleck fosse abordada por meio de uma pesquisa empírica.

Por tais razões, nesta pesquisa tive por objetivo analisar se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na

epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio refletem sobre a Natureza da Ciência.

O ensino de Ciências/Química pautado exclusivamente nos produtos, pode ocasionar visões pouco elaboradas sobre a ciência e o trabalho científico, conforme criticado por Gil-Pérez *et al.* (2001), além de reforçar imagens estereotipadas dos cientistas e dos mitos em relação à ciência, como a ideia de progresso científico, determinismo tecnológico e o salvacionismo da Ciência e Tecnologia (C&T) (Auler; Delizoicov, 2001).

De acordo com Vidal e Porto (2012), o ensino dos produtos da ciência - tais como leis, teorias, conceitos, modelos - acontece por meio da memorização de conteúdos científicos, pautado no ensino de transmissão do conhecimento do professor para o aluno, sem preocupações com a contextualização, a Natureza da Ciência e a formação crítica dos estudantes. No entanto, o ensino com base apenas na aprendizagem destes produtos limita compreensões mais elaboradas sobre a construção do conhecimento científico (Rozentalski, 2018).

Todavia, os aspectos históricos, filosóficos e sociológicos da ciência podem contribuir para que professores de química e alunos compreendam a construção da ciência, sua natureza, as controvérsias de teorias científicas, as disputas, cooperações e negociações entre cientistas e grupos de pesquisa. Nesta perspectiva, a abordagem HFSC possibilita o ensino “de” ciência e “sobre” a ciência (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Moura, 2014; Vidal; Porto, 2012).

Diante destes pressupostos, foram analisadas as possibilidades de abordagem da História da Ciência para o Ensino de Química, utilizando a epistemologia de Fleck e a História da Química como fundamentos e estratégias de ensino. Nesta perspectiva, defendo a tese de que a utilização de Episódios Históricos para o Ensino de Química tendo por base a epistemologia de Fleck para refletir sobre Natureza da Ciência (NdC) possibilita compreensões dos processos de construção do conhecimento científico, para além dos seus produtos.

Desse modo, esta pesquisa tem como problematização a seguinte questão: *Se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio refletem sobre a Natureza da Ciência?*

Como objetivos específicos, buscamos:

- Identificar as contribuições da epistemologia de Ludwik Fleck para o Ensino de Ciências;
- Refletir sobre elementos da NdC que podem ser interpretados a partir da epistemologia fleckiana;
- Planejar, desenvolver e analisar uma Sequência Didática, tendo como base a abordagem de episódios históricos e conceitos da epistemologia fleckiana.

Os capítulos desta tese estão assim divididos:

Capítulo 1 – *Introdução* – descrevo minha aproximação tanto com a linha de pesquisa de HFSC como minha apropriação da epistemologia de Fleck, a partir da dissertação realizada no mestrado em Educação em Ciências no PPGECM/UFPR. Constam neste capítulo: o objetivo geral da pesquisa; os objetivos específicos, que foram explorados nos capítulos teóricos; a problematização a ser respondida no decorrer da tese e a justificativa do presente estudo. Ao final do capítulo, há o resumo para cada um dos sete capítulos que compõem a tese.

Capítulo 2 – *A Epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961)* – Trata-se de um capítulo basilar, dedicado à Epistemologia de Fleck. Constam neste capítulo: uma breve biografia; as origens do seu pensamento científico, como por exemplo a Escola Polonesa de História e Filosofia da Medicina e as figuras de *Gestalt*; as principais características de sua obra magna “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, como a contraposição ao Círculo de Viena, além de comentários sobre os artigos científicos dedicados à Filosofia da Ciência e um aprofundamento dos conceitos epistemológicos com notas de rodapé no idioma original (em alemão) e em inglês.

Capítulo 3 – *A História, Filosofia e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências* – discute-se a importância e as contribuições da HFSC para a Educação em Ciências. Há discussões da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências com suas possíveis contribuições. Mostra-se a historicidade da ciência, que diz respeito à maneira de perceber a construção do conhecimento científico, perpassando dos fatores internalistas aos externalistas. Fatores estes, de grandes debates na História da Ciência do século XX, o que permitiu a ascensão da Sociologia da Ciência e o ressurgimento da obra fleckiana. Ao final, é exposto o diferencial da epistemologia de Fleck em comparação às demais epistemologias.

Capítulo 4 – *A Natureza da Ciência em Fleck* – Há reflexões sobre os elementos da NdC sob o olhar fleckiano, onde são discutidas concepções pouco reflexivas acerca do conhecimento científico, além da justificativa do porquê ousamos utilizar Fleck (1979, 1980, 2010). Apesar do termo “NdC”, nos referimos à “ciência da ciência”, aquela a ser abordada no ambiente escolar nas aulas de ciências. Para tal finalidade, realizamos sínteses (isto é, os conteúdos dos quadros) contendo as comparações das concepções de ciência do referencial tradicional e aquelas interpretadas a partir da perspectiva fleckiana.

Capítulo 5 – *Caminhos Metodológicos* – Contém os caminhos metodológicos da tese. Trata-se de uma pesquisa empírica de abordagem qualitativa, sendo caracterizada como uma Pesquisa de Intervenção Pedagógica. Quanto a metodologia de análise de dados, optamos pela Análise de Conteúdo com base em Bardin (2016), de semântica temática-categorial (contendo categorias *a priori*). Neste capítulo, apresentamos a estrutura prática e pedagógica da Sequência Didática (SD), contendo os Episódios Históricos que foram planejados e desenvolvidos na Educação Básica. A SD detalhada está disponível no Apêndice A.

Capítulo 6 – *Resultados e Discussão* – Contém os resultados e discussão da tese. Neste capítulo, apresentamos o contexto da pesquisa na escola: o desenvolvimento da SD em um colégio estadual de Curitiba em adaptação ao Novo Ensino Médio; constando o perfil dos estudantes. Há a análise do Episódio Histórico (EH) “A História do DNA”, à luz do referencial fleckiano. Contém as categorias decorrentes desta análise: 1. “Construção social da ciência”; 2. “Construção do conhecimento científico” e 3. “Funcionamento da ciência”. Ao final, apresentamos os desafios enfrentados em relação ao desenvolvimento da SD no Ensino de Ciências.

Capítulo 7 – *Considerações Finais* – Há menção do objetivo principal da pesquisa e expõem-se os principais resultados obtidos no desenvolvimento da tese. Defende-se como considerações finais, a utilização da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências. Ao final deste capítulo, há sugestões para professores de Ciências/Química. Um alerta para a necessidade de compreender a epistemologia da ciência e se contrapor à concepção empírico-indutivista de maneira exacerbadamente ingênuas.

2 A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK (1896-1961)

Neste capítulo, apresentamos uma biografia de Ludwik Fleck, as origens do seu pensamento e a sua epistemologia. Adicionalmente são descritos os enfrentamentos e o contexto histórico pelo qual ele passou, as causas do reconhecimento tardio da sua principal obra sobre Filosofia da Ciência por meio da obra de Thomas Kuhn. Também são apresentadas as características principais da epistemologia de Fleck: a ideia da historicidade da ciência, a partir da qual não se pode separar a Ciência de seus aspectos sociais e de sua história; a importância do trabalho coletivo em uma comunidade científica, além da crítica ao positivismo lógico. Um detalhamento sobre a fundamentação da epistemologia de Fleck se faz necessária para que se discutam, posteriormente, caminhos para compreensão dos processos de construção do conhecimento científico. Dessa maneira, serão apresentados os conceitos de Fato Científico, Protoideia, Harmonia das Ilusões, Acoplamentos Ativo e Passivo, Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Círculos Esotéricos e Exotéricos e Tráfegos Intra e Intercoletivo de Ideias.

2.1 QUEM FOI LUDWIK FLECK?

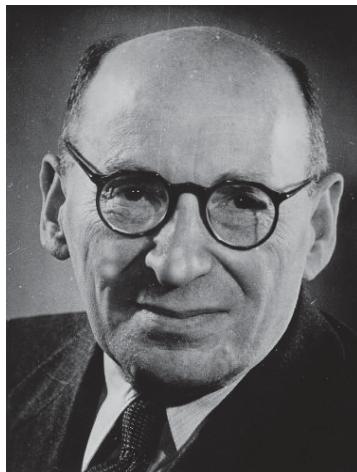
“Eu sou Ludwik Fleck, um judeu, um microbiologista” (Condé, 2012, p. 35). Esta foi a maneira como Fleck se apresentou ao voltar a lecionar na Universidade de Medicina de Lublin (Polônia), após o fim da Segunda Guerra, no ano de 1946. A frase que mencionou carregou consigo alguns significados que não puderam ser dimensionadas em palavras: isto é, um judeu e, por isto, sobrevivente do holocausto, e, um microbiologista, especialidade que o permitiu sobreviver à guerra devido aos seus conhecimentos sobre a produção de vacina contra o tifo.

Além disso, recursos e conteúdos adicionais estão disponíveis no sítio *Ludwik Fleck Zentrum*.²

Um registro do rosto de Ludwik Fleck está apresentado na FIGURA 1.

² Disponível em: <https://afz.ethz.ch/en/about-us/sponsoring-partnerships/project-funds/fleck-online.html#>. Acesso em: 26 nov. 2025.

FIGURA 1- Foto de Ludwik Fleck (1896-1961)



FONTE: Cohen e Schnelle (1986).

LEGENDA: No retrato de Fleck, é apresentado o médico polonês provavelmente por volta dos seus 60 anos de idade, esboçando um sorriso suave, portando óculos de grau, usando roupa social, paletó, camisa e gravata, como numa foto formal.

Segundo Condé (2012), Ludwik Fleck nasceu na cidade de Lvov, na Ucrânia, em família judia. Esta cidade, pertencia na época ao Império Austro-Húngaro. No entanto, tornou-se polonesa em 1919, sendo ocupada pelo exército soviético em 1939, e tomada pelos alemães no ano de 1941. A cidade de nascimento de Fleck possui um histórico de invasões e de cenário de guerras, até os dias atuais.

No período entre 1914 e 1920, de acordo com Condé (2012), Fleck estudou medicina na sua cidade natal. Nessa época, como tinha interesse por microbiologia, tornou-se assistente de Rudolf Weigel, um especialista em tifo. No entanto, Fleck não teve posição dentro da Universidade em que atuava esse professor especialista em tifo durante os anos de 1923 a 1928, vindo a trabalhar no hospital geral da cidade de Lvov, onde tornou-se diretor do Laboratório do Departamento de Dermatologia e Doenças Venéreas. Ocasião essa em que se familiarizou com a reação de Wasserman, exame diagnóstico para 'doenças venéreas' (termo assim conhecido na sua época), e, que o fez escrever diversos artigos sobre o aperfeiçoamento desta reação.

Durante os anos de 1930, alguns sinais indicam que Fleck sofreu perseguição antisemita. De acordo com Schäfer e Schnelle (2010), Fleck perdeu o cargo de diretor do laboratório de análises da caixa de seguro de saúde em 1935. A sua obra mais impactante para a Filosofia da Ciência, isto é, "Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico" foi publicada somente na Suíça (em 1935), pela editora Benno

Wannabe com impressão de aproximadamente 600 exemplares, sendo vendidos apenas 200 livros. Além disso, o livro de Fleck não pôde circular na Alemanha nazista. Até 1939, Fleck veio a trabalhar somente em seu laboratório particular, pois havia perdido os cargos públicos conquistados anteriormente. Enquanto houve ocupação soviética, entre 1939 e 1941, Fleck seguiu com pesquisas e publicações em revistas científicas, ocupando o cargo de professor assistente na Faculdade de Medicina de Lvov, sendo também diretor do laboratório municipal de bacteriologia. Contudo, após ocupação alemã na cidade de Lvov, Fleck foi retirado dos cargos públicos e levado ao gueto.

No entanto, diante de precárias condições, sem disponibilidade de vacinas, Fleck resistiu e desenvolveu uma alternativa de vacina contra o tifo utilizando antígeno de urinas dos pacientes infectados, adaptando uma espécie de Unidade de Saúde no gueto. Inclusive, há no acervo do Museu do Holocausto de Curitiba um item que comprova o ato heroico de Fleck na produção de vacinas contra a febre tifoide, indicando ação médica no gueto de *Theresienstadt* (aproximadamente 60 km de Praga, na República Tcheca). Trata-se de uma carteirinha de vacinação, pertencente ao judeu Emil Weinhausen, onde há o registro de três doses da vacinação contra o tifo no ano de 1943. Consta nessa carteirinha, o nome da vacina como “*Flecktyphus*”³.

E Fleck continuou trabalhando na produção da vacina do tifo durante todo o período da guerra, atividade que pode garantir sua vida, da sua esposa e do seu filho, bem como de alguns assistentes (Schäfer; Schnelle, 2010; Souza; Aires, 2019).

Os trabalhos de Fleck a respeito da alternativa de produção da vacina contra o tifo tornou-se conhecido do governo nazista e, logo, Fleck foi considerado um dos mais importantes especialistas em tifo na Europa. As atividades desenvolvidas pelo médico microbiologista nos campos de concentração foram:

Em dezembro de 1942, foi preso com sua família e deportado para a fábrica farmacêutica “Laakoon”, no qual deveria produzir vacina contra tifo. Já no início de fevereiro de 1943, entretanto, foi deportado para o campo de concentração de Auschwitz, no qual deveria servir, inicialmente, como “enfermeiro”, no bloco 20, o bloco sanitário. [...] Em Auschwitz, Fleck sobreviveu a uma pleurisia grave. Em agosto de 1943, a SS fundou, no campo de concentração de Buchenwald, um laboratório para a produção de

³ Disponível em: <https://vm.tiktok.com/ZMS3hU6Es/>, <https://vm.tiktok.com/ZMS3hU6Es/> e, <https://www.instagram.com/reel/DGrDcz1xaav/>. Acesso em: 29 jul. 2025. É necessário ter conta no TikTok para visualizar os vídeos desta rede social.

vacina contra tifo, com o objetivo primordial de encontrar caminhos mais produtivos para a fabricação da mesma (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 6).

No ano de 1946, após o término da guerra, houve um relato sobre uma ação de sabotagem do grupo de médicos que trabalharam junto à Fleck na fabricação de vacinas contra o tifo. Schäfer e Schnelle (2010) mencionam que Fleck, juntamente com outros médicos e assistentes conseguiram produzir uma vacina sem efeito que foi fornecida em altas quantidades à SS, enquanto quantidades menores da vacina com efeito foram destinadas aos prisioneiros do campo. Entretanto, esta ação não foi confirmada de fato por Fleck (Condé, 2012).

Em abril de 1945, após liberação dos campos de concentração, Fleck passou vários meses no hospital para poder recuperar sua saúde. Em outubro de 1945, o médico polonês tornou-se diretor do Departamento de Microbiologia Médica na Universidade Marie Curie-Sklodowska. Nos anos seguintes, Fleck realizou livre-docência, tornando-se professor extraordinário e posteriormente, professor ordinário. Após, mudou-se de Departamento onde pôde melhorar suas oportunidades de pesquisa. Fleck foi membro da Academia Polonesa de Ciências em 1954, chegando à presidência desta. Seu interesse de pesquisa estava relacionado ao comportamento dos leucócitos, onde Fleck havia observado um comportamento novo, a leucergia, ainda não descrito na ciência.

Até o final de sua carreira, Fleck dedicou-se às intensas atividades de pesquisa na área médica, orientando 50 teses de doutorado, além de uma série de teses de livre-docência. Publicou cerca de 87 artigos científicos em revistas polonesas, francesas, americanas e suíças. Participou de muitos congressos ao redor do mundo, chegando a conhecer o Brasil no ano de 1955. Aqui no nosso país, Fleck participou do “Segundo Seminário Internacional de Alergologia”, promovido pela Sociedade Brasileira de Alergologia, realizada na cidade de Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro. No entanto, Fleck permaneceu anônimo durante toda sua visita ao Brasil, sendo que outros pesquisadores congressistas foram prestigiados, como o neto de Louis Pasteur e alguns ganhadores do Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia (Condé, 2016a).

Ao final de sua vida, o médico polonês mudou-se para Jerusalém atrás de seu único filho que estava lá desde o fim da guerra. Em Israel, Fleck chegou a ocupar um cargo na Universidade de Medicina, contudo, com a saúde fragilizada - devido às precárias condições que enfrentou como prisioneiro durante a guerra - e às

dificuldades com a língua hebraica, impuseram limites à sua atuação científica. Veio a falecer em 05 de junho de 1961, vítima de infarto (Schäfer; Schnelle, 2010).

De acordo com Schäfer e Schnelle (2010), Fleck poderia ter sido um clássico da teoria da ciência assim como foi Karl Popper (1902-1994) com a obra “A Lógica da pesquisa científica” de 1934. No entanto, a obra fleckiana não obteve êxito a sua época, em 1935.

Fleck, o judeu-polonês não pôde despertar interesse na Alemanha nazista. O público instruído, seu principal destinatário, encontrava-se com outras “inovações”. Os centros germanófonos da teoria da ciência em Viena, Praga e Berlim estavam se diluindo. Carnap, Popper, Hempel, Reichenbach, para mencionar apenas os mais importantes, haviam emigrado. Não obstante, o livro de Fleck não pertencia àquelas ideias, que, por tais caminhos, foram exportadas e ulteriormente desenvolvidas nos países anglo-saxônicos. O “destino” alemão condenou Fleck ao gueto de Lwów e, depois, aos campos de concentração de Auschwitz e Buchenwald. Sua sobrevivência ali beira o miraculoso. Entre 1946 e 1957, ele, apesar de dar continuidade a seu trabalho em teoria da ciência, dedica-se na Polônia, em primeiro lugar, às pesquisas médicas, de modo que o presente texto sobre a questão da teoria da ciência possui um caráter isolado e episódico (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 2-3).

Segundo Condé (2012), bem como Löwy (1994), Fleck sofreu dupla marginalidade: uma devida às ideias inovadoras (originais) contidas na sua obra magna, as quais se opunham à ciência empírico-indutivista, hegemônica naquele período; e, outra, devido às ideias antisemitas disseminadas nos anos do governo nazista, uma vez que as perseguições duraram cerca de 14 anos e não apenas os anos finais da Segunda Guerra.

Conforme Condé (2012), as condições externas à ciência, assim como foi enfatizada na obra fleckiana, não o ajudaram a ser recepcionado à época do lançamento do seu livro em 1935. No entanto, Fleck tornou-se conhecido do público cerca de três décadas mais tarde a partir do lançamento da obra kuhniana. Contudo, vale lembrar que por não ter referenciado as ideias de Fleck adequadamente no seu texto, Kuhn precisou revisitar os conceitos fleckianos ao longo de toda a sua carreira, fato que fez com que seu relacionamento com Fleck não se extinguisse enquanto viveu (Cohen; Schnelle, 1986; Condé, 2017).

Ao longo de sua trajetória como médico e microbiologista, Fleck percebeu a ciência, a origem e desenvolvimento de um Fato Científico, de acordo com a sua percepção como médico e pesquisador na área das ciências biológicas. Dessa forma, Fleck não se dedicou profissionalmente à Filosofia da Ciência, assim como fizeram integralmente outros epistemólogos, a exemplo de Kuhn que lecionava

História e Filosofia da Ciência na Universidade de Harvard. No entanto, Fleck realizou ricas reflexões sobre a Natureza da Ciência, para além dos conceitos científicos que estudava.

2.1.1 A Origem e Contextos do Pensamento de Fleck

As origens e contextos do pensamento de Fleck ocorreram devido a influência da Escola Polonesa de Filosofia da Medicina e da sua cidade natal, Lvov (atualmente pertencente à Ucrânia, região de conflito com a Rússia⁴). A Escola, por sua vez, na qual Ludwik Fleck estava inserido, refletia sobre a natureza da atividade médica, bem como promovia o ensino de História e Filosofia da Medicina. Fatores estes, que puderam promover a Fleck, harmonização entre o pesquisador, enquanto estudioso e pensador, e, seu estatuto profissional como médico (Löwy, 1994).

Segundo Condé (2017), Fleck se dedicou a outros estudos, em especial à filosofia. Assim, costumava ler textos de filosofia, sociologia e história da ciência. Schäfer e Schnelle (2010), afirmam também que a cidade de Lvov era constituída de um ambiente de imensa diversidade cultural, na qual existia uma tradição local de reflexões teórica, inclusive na área médica. Dessa maneira, é possível que Fleck tenha sido inspirado em seu percurso profissional pela abordagem dos médicos-filósofos poloneses.

Tratava-se de um olhar retrospectivo à intensa atividade de um grupo de médicos poloneses na virada do século dezenove que refletiram sobre a Natureza da atividade médica [...] os médicos-filosóficos poloneses tinham refletido sobre a especificidade da medicina, tendo como ponto de partida as atividades profissionais médicas cotidianas. Parece que a combinação incomum da prática médica e das reflexões abstratas sobre essa prática tinham refletido as repercussões da medicina sobre a situação política da Polônia no final do século XIX (Condé, 2012, p. 16).

Do mesmo modo, talvez o clima científico e interdisciplinar de Lvov tenha dado a Fleck a possibilidade de poder participar de vários Coletivos de Pensamento, os quais provavelmente o influenciaram na construção da sua epistemologia. “Havia uma série de círculos de discussão, mais ou menos organizados, nos quais se

⁴ Reportagens da CNN Brasil a respeito da Guerra Ucrânia *versus* Rússia. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tudo-sobre/guerra-na-ucrania/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

reuniam, principalmente, cientistas jovens de diversas áreas e dos quais Fleck fazia parte" (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 10).

O Círculo de Viena, de acordo com Schäfer e Schnelle (2010), possuía interesse em contatos interdisciplinares. Assim, organizavam rodas de discussões das quais, provavelmente, Fleck participava das reuniões desse grupo com regularidade. Conhecendo e se familiarizando com as concepções neopositivistas, foi possível ao médico polonês refletir e dirigir críticas a esta concepção de ciência. Assim, Fleck realizou análises epistemológicas tomando como base a oposição a concepção científica do mundo. Esta, por sua vez, delimitava o conteúdo da ciência legítima, de caráter empirista e positivista.

Desse modo, partia-se do princípio de que há apenas conhecimento empírico, baseado no imediatamente dado. O realismo ou não-realismo fazia parte da metafísica, no sentido de que somente é "real" aquilo que é cabível de experiência. Além disso, a concepção científica do mundo tinha como objetivo alcançar a ciência unificada mediante aplicação de um método de análise lógica ao material empírico. Do mesmo modo que todo enunciado científico deveria/poderia ser indicado por meio de uma redução a um enunciado científico sobre o dado (Hahn; Neurath; Carnap, 1986).

O Círculo de Viena defende, porém, além disso, a concepção de que também os enunciados do realismo (crítico) e do idealismo sobre a realidade ou não-realidade do mundo exterior e do heteropsíquico são de caráter metafísico, já que estão sujeitos às mesmas objeções a que estão os enunciados da metafísica antiga: são destituídos de sentido porque não são verificáveis e sem conteúdo fático. *Algo é "real" por estar enquadrado pela estrutura total da experiência* (Hahn; Neurath; Carnap, 1986, p. 12).

E, por que Viena? Em Viena, havia o liberalismo como orientação política dominante, cuja influência proveio do iluminismo, do empirismo e do utilitarismo, além do movimento de livre comércio da Inglaterra. Havia uma atitude especificamente científica e não apenas livre da metafísica, senão da antimetafísica. Desse modo, Viena liderou uma educação popular cientificamente orientada, com espírito antimetafísico e concepção materialista da história.

Primeiro, Ernst Mach (1838-1916) esforçou-se para "purificar" a ciência empírica, afastando-a das ideias metafísicas. Posteriormente, a cátedra de Mach foi ocupada por Ludwik Boltzmann (1844-1906), que defendeu as ideias empiristas,

popularizando a concepção científica do mundo, a qual renegava a metafísica e a teologia (Hahn; Neurath; Carnap, 1986).

Para Condé (2012), a abordagem de Fleck não é a de um sociólogo treinado descrevendo de fora o que os cientistas fazem em seu empreendimento, mas sim, representa uma visão de dentro da ciência, de quem a pratica e reflete sobre o que está fazendo. Inclusive, Fleck conheceu tanto os problemas epistemológicos da ciência da sua época como os esforços para renovação da lógica ligada aos fundamentos da física.

Essa visão interna não contém apenas elementos sociológicos, mas também tem claramente um traço e um impulso político. É uma reflexão sobre as pré-condições políticas da ciência enquanto uma atividade social; é uma reflexão do que é necessário para que a ciência seja praticada, e também do que isso significa para uma sociedade, se de fato a ciência é *praticada* (Condé, 2012, p. 47).

Ademais, a teoria da *Gestalt*, palavra de origem alemã, que pode ser traduzida como “percepção da forma”, entrou na epistemologia de Fleck como a parte mais importante do ‘Estilo de Pensar’, um dos principais conceitos fleckianos junto com Coletivo de Pensamento. O conceito de *Gestalt* está contemplado na seção 2.4.

2.1.2 O Pensamento Fleckiano Em Seus Artigos Científicos

Em relação aos artigos que Fleck escreveu ao longo da sua vida, Parreira (2006) argumenta que as concordâncias presentes nestes são a rejeição à visão empirista tradicional de Fato Científico como algo “dado”, absoluto, e de uma verdade universal. Além disso, a formulação de uma epistemologia constituída não só pela experiência sensível, mas baseada também na psicologia, na sociologia e na história, que, por sua vez, caracterizam o “contexto da descoberta”, ligado as influências dos aspectos externos na produção científica, além dos fatores internos e do “contexto da justificativa”.

Os artigos publicados por Ludwik Fleck sobre Filosofia da Ciência foram escritos no final dos anos de 1920 e meados de 1935, mesmo período em que escreveu sua monografia. Todavia, estes foram publicados em polonês, ocasionando uma dificuldade de circulação em línguas estrangeiras, pois a tradução

destes iniciou somente no ano de 1977 por Baldamus (professor de Robert Merton) e, posteriormente, por Thomas Schnelle (Cohen; Schnelle, 1986).

Com base nos artigos fleckianos sobre Filosofia da Ciência, o estudo de Parreira (2006) apresenta a trajetória da contribuição epistemológica de Fleck em quatro fases, sendo estas: 1. Fase preparatória; 2. Fase principal; 3. Fase pós-guerra e 4. Fase final. Nestas, são retratadas um processo de amadurecimento de suas ideias.

Para Parreira (2006), na Fase preparatória Fleck indaga sobre as noções da “realidade” e da “verdade”, proposições inquestionáveis ao empirismo lógico. Nesse sentido, para Fleck tanto a “verdade” como a “realidade” configuram-se enquanto construções coletivas, e, nesta perspectiva, tal autor critica pela primeira vez a observação neutra presente no empirismo lógico. Os dois artigos pertencentes a esta fase são “Alguns traços específicos do caminho do pensamento médico”, do ano de 1926, e “Sobre a Crise da Realidade”, de 1929.

De acordo com Cohen e Schnelle (1986), ambos artigos da fase preparatória mostram quão próximo estava o pensamento filosófico de Fleck com sua observação na medicina. Há nesses trabalhos o passo a passo, a realidade e a teoria da ciência em desenvolvimento.

Segundo Condé (2018), em “Sobre a Crise da Realidade”, Fleck refere-se à observação como um fenômeno natural a partir do postulado quântico de Niels Bohr (1885–1962), o qual discorria que em fenômenos quânticos, o instrumento de medição interfere na análise. Fleck comenta que, “observar, conhecer é sempre testar e assim, literalmente, mudar o objeto de investigação”. Sendo essa posição fleckiana amadurecida mais tarde e complementada como “o processo de conhecimento altera o sujeito, adaptando-o harmoniosamente ao objeto do conhecimento” (Condé, 2018, p. 165).

Na edição inglesa, tem-se que a “Cognition modifies the knower so as to adapt him harmoniously to his acquired knowledge. This situation ensures Harmony within the dominant view about the origin of knowledge”. [Cognição modifica o conhecedor de modo a adaptá-lo harmoniosamente ao conhecimento adquirido. Essa situação garante harmonia com a visão dominante sobre a origem do conhecimento] Fleck (1979, p. 86-87, tradução nossa). Dessa maneira, comprehende-

se que mesmo os processos cognitivos devem ser vistos de modo análogos à evolução biológica (Condé, 2018).

Na fase principal, conforme Parreira (2006), Fleck escreveu dois artigos intitulados “Observação científica e percepção em geral”, de 1935, e “O problema da epistemologia”, de 1936, além de sua obra principal “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, de 1935. As principais ideias fleckianas caracterizam-se pela percepção sociológica e histórica do conhecimento. Fleck realiza relações entre a observação, a experiência e o experimento. Há também, a influência da linguagem e do coletivo sobre o processo cognitivo, reforçando a crítica ao positivismo lógico. Desse modo, Cohen e Schnelle (1986) afirmam que esse período serviu para completar a elaboração da teoria da cognição fleckiana.

A fase pós-guerra foi marcada, segundo Parreira (2006), por dois artigos: “Problemas da ciência pela ciência”, de 1946, e “Ver, olhar e saber”, do ano de 1947. Nesses artigos, há uma análise de sua própria percepção em relação à teoria da ciência, sobretudo ao problema da observação. Neste período, a teoria da ciência foi concentrada numa lei coletiva e nas condições dos métodos das pesquisas no laboratório. Especificamente, o método de produção da vacina contra o tifo realizada no campo de concentração de Buchenwald (Cohen; Schnelle, 1986).

Por fim, Parreira (2006) esclarece que na última fase, Fleck escreveu apenas um artigo: “Crise na ciência”, no ano de 1960, o qual não teve a oportunidade de ver publicado em vida. Este artigo foi rejeitado e classificado como “sem importância” (sem relevância) por quatro periódicos bem conhecidos. No referido artigo, Fleck expressa sua opinião a respeito da discussão sobre ciência e o bem-estar da humanidade na Revista *Science* (Cohen; Schnelle, 1986). Neste artigo, foram levantadas questões de fundo ético como os abusos da comunidade científica, sendo questionada a visão de infalibilidade da ciência diante do senso comum. Como exemplo, a divulgação equivocada do processo de desenvolvimento científico com ênfase ao caráter verdadeiro universal e imutável da ciência. Fleck afirmou, desse modo, que nem sempre a ciência cumpre seu papel de melhorar a vida humana, uma vez que existem muitos interesses privados, tais como os políticos e os econômicos. Neste aspecto, Fleck desmistifica a visão pouco adequada sobre o salvacionismo da ciência e o determinismo tecnológico, “mitos” já tão criticados pela

literatura em Educação em Ciência, como Auler e Delizoicov (2001) e Delizoicov e Auler (2011).

Segundo Parreira (2006), ao analisar a história da sífilis, Fleck descreveu como ocorre a Emergência de um Fato Científico, sendo este definido como uma construção social, dependente de aspectos históricos. Desse modo, o Fato pode ser percebido somente no interior de um Estilo de Pensamento, elaborado por uma comunidade científica, caracterizando o “Estilo de Pensar” desta. Nessa perspectiva, Fleck descreve o andamento da pesquisa como linhas contínuas que se cruzam e são marcadas por fracassos e sucessos. Portanto, nos traz uma noção de incomensurabilidade, em que não se pode considerar diferentes Estilos de Pensamento como “erros”, mas sim como maneiras distintas de se interpretar os Fatos em determinado período histórico.

Além do vínculo histórico, pode-se ter a compreensão de que o “erro” cometido e os empreendimentos fracassados fazem parte do arsenal de construção de um Fato Científico. Se na ciência jamais chegaremos a uma verdade absoluta, o que interessa de fato, é o caminho percorrido para se aproximar da verdade, não importando os “erros” nesta trajetória (Scheid; Ferrari; Delizoicov, 2005, 2007).

“Os insucessos de muitos experimentos e os erros cometidos também fazem parte do material de construção do fato científico” (Fleck, 2010, p. 148).

2.2 FLECK VERSUS KUHN

Nesta seção, apresentamos a epistemologia fleckiana a partir de Kuhn. Também, discutimos a principal diferença presente nas epistemologias de Fleck e Kuhn, a saber: a maneira como ambos percebiam a ciência, cada qual com sua visão de mundo (*Gestalt*). O físico a via como uma revolução científica e o médico a percebia como uma evolução, de fundamento na biologia. Contudo, apesar desta distinção, houve uma marcante semelhança: a influência da atividade sociológica na comunidade científica.

Muito densa e complexa, a obra de Fleck tem uma arquitetura de exposição relativamente simples. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* possui apenas quatro capítulos ao longo dos quais o autor procura mostrar que o *fato científico* não é propriamente algo simplesmente dado, mas algo que, para além de uma descrição do empírico, se estabelece e se desenvolve através de um complexo processo de interações sociais ao

longo de muito tempo. Portanto, fatores históricos e sociais estão na base de todo e qualquer fato científico. Antecipando-se a Kuhn, Fleck foi um dos primeiros autores a perceber essa dimensão psicológica, social e histórica que envolve a ciência. Para ele, a ciência é colocada em termos de uma atividade coletiva, isto é, constitui-se em uma comunidade de praticantes, tanto em seus aspectos teóricos quanto nos práticos. Entretanto, ela é mais que isso. É uma atividade que se processa no bojo das relações sociais que envolvem o científico e o não científico (Condé, 2017, p. 71-72).

De acordo com Condé (2017), Fleck foi um dos primeiros autores a apresentar relações entre atores científicos - internos à ciência – e não científicos - tais como os culturais - na produção da atividade científica. Para além, Fleck abordou um “fato científico” não como algo dado, mas como algo que emerge e se desenvolve. O título da obra fleckiana foi tão impactante a Kuhn, que este precisou lê-lo. E por sorte do destino, constava na biblioteca de Harvard um exemplar adquirido em 1936, que viria a ser consultado por Kuhn.

Segundo Cohen e Schnelle (1986), um ano após o falecimento de Fleck deu entrada na imprensa de Chicago uma obra de grande influência para a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC), que comprovariam a vitalidade e atualidade das ideias fleckianas. Isto é, o trabalho de Thomas Kuhn (1922-1996) intitulado “A Estrutura das Revoluções Científicas” do ano de 1962, o qual citou o médico de maneira muito breve. Nesta, Kuhn cita que encontrou muito de suas ideias antecipadas em Fleck. E mais, o médico polonês havia alertado sobre os aspectos sociológicos na produção científica.

O que teve de inovador na obra kuhniana foi mostrar exemplificações na história da ciência, ao utilizar episódios históricos, especialmente na física que era sua área de formação. Contudo, Kuhn não citou Fleck adequadamente ao se apropriar do seu modelo epistemológico (que possui matriz biológica, sob perspectiva evolucionista). Nesse sentido, Condé (2005, 2018) explica o que foi assimilado por Kuhn da obra fleckiana e o que não foi assimilado.

Talvez, por não ter compreendido a potencialidade da epistemologia fleckiana, Kuhn não o assimilou na sua totalidade, pois ambos pertencerem a Estilos de Pensamentos (*Gestalt*) distintos. Por exemplo, Kuhn veio de uma tradição de ciência revolucionária, que o levou à ideia de incomensurabilidade, seu principal problema epistemológico junto à crítica. Enquanto Fleck, compreendia a ciência a partir da biologia e das ciências da saúde (medicina), inclusive propôs uma epistemologia que se opunha ao modelo da física, tradicional no Círculo de Viena.

[...] revolução implica descontinuidade e, por conseguinte, para Kuhn, incomensurabilidade entre as duas partes da descontinuidade. Essa descontinuidade não parece confirmar-se efetivamente quando voltamos os olhos para os aspectos históricos da ciência. Entretanto, em Kuhn, a dimensão histórico-social tem uma grande importância e, se incomensurabilidade e história não se adaptam reciprocamente, existe aí um grande problema para a teoria da ciência de Kuhn (Condé, 2016a, p. 132).

Em síntese, para Fleck (2010), de acordo com Condé (2018), as transformações do conhecimento científico ocorrem de modo lento e gradativo, de forma análoga a evolução biológica. Já Kuhn enxergava a ciência com base na física clássica e na revolução científica, que traz uma ideia de mudança de pensamento, semelhante a uma ruptura, como apresentado no QUADRO 1.

QUADRO 1- O que Kuhn (2011) não assimilou de Fleck (2010)

Principais Diferenças entre as duas Epistemologias	
Em Kuhn ([1962] 2011)	Em Fleck ([1935] 2010)
Tradição historiográfica “revolucionária”, ocorrendo rupturas abruptas. Na revolução as ideias são modificadas instantaneamente, ou de maneira rápida, e ocorre a mudança de paradigma.	Tradição historiográfica “evolucionária”, onde o surgimento de novas ideias e os fatos científicos são percebidos como mutação continuada. Ideia de que o conhecimento evoluiu lenta e gradativamente, analogamente aos processos biológicos.
Os limites dos paradigmas produzem problema na comunidade científica, gerando incomensurabilidade e revolução científica. O paradigma vigente direciona a atividade científica.	O Fato Científico representa uma construção do Coletivo e Estilo de Pensamento. Além de depender das interações sociais ao longo do tempo. Fatores históricos e sociais estão na base de todo e qualquer Fato Científico.
Incomensurabilidade – dificuldade de se comparar os componentes teóricos e padrões de científicidade (racionalidade distintas).	A ideia de incomensurabilidade em Fleck não é tão demarcada, reconhece-se às concepções diferenciadas, olhar simultâneo de médicos para a mesma doença. Além de que não se pode julgar como erro os conceitos que em outro Coletivo e Estilo de Pensamento fizeram sentido.

FONTE: Com base em Condé (2005, 2018).

Thomas Kuhn foi responsável pela introdução de Fleck no debate contemporâneo sobre a epistemologia e a História da Ciência. Primeiro, a obra magna fleckiana foi interpretada como um estudo da história da medicina. Ludwik Fleck apresenta uma nova interpretação para a construção do conhecimento científico ao realizar um estudo de caso sobre a doença sífilis. Condé (2017) afirma que em certa medida ser considerado um historiador da ciência dificultou a

disseminação do pensamento de Fleck, no entanto sua obra mostrou uma maneira original de compreensão da ciência.

[...] para além de uma vasta produção científica no campo da microbiologia, Fleck realizou uma série de análises dos aspectos históricos, sociais e epistemológicos da ciência, em função do que ele se tornou, após a sua morte, um renomado pensador. Em suas análises, ele propõe de modo inovador a ideia de que a história da ciência altera o resultado final do processo científico, uma vez que fazer ciência é necessariamente uma atividade social e histórica e qualquer “fato científico” – mais do que ser uma mera descrição da natureza – é forjado nessa tessitura entre aspectos empíricos e sociais ao longo de muitos anos. Em outras palavras, o pensador polonês elabora a ideia de historicidade da ciência (Condé, 2017, p.60).

A principal obra de Ludwik Fleck sobre Filosofia da Ciência foi palco de discussão tardivamente, somente após ser mencionado na obra kuhniana, quase três décadas depois do primeiro lançamento em língua alemã, em 1935. Dessa forma, a obra fleckiana foi traduzida para o idioma inglês em 1979, entre outros nomes, pelo sociólogo Robert Merton (1910-2003), uma vez que este encontrou na obra de Fleck ecos de seu próprio interesse na influência da estrutura social das comunidades científicas sobre a produção dos conhecimentos científicos (Löwy, 1994).

O prefácio do livro de Fleck (1979), na edição inglesa, foi escrito pelo próprio Thomas Kuhn, que enfatizou a interpretação do caráter sociológico na atividade científica em sua leitura. Em sua obra, Fleck (2010) reconhece a importância do percurso histórico para a construção do conhecimento, tornando necessário reconhecer o impacto dos fatores externos no processo de construção deste conhecimento.

Fleck (2010) trouxe a ideia de que o conhecimento nunca começa do zero, pois há sempre outro lugar onde as ideias podem ser circuladas, outros Coletivos e Estilos de Pensamento. Há o conceito de Protoideia em sua epistemologia, ou seja, pré-ideias, as quais são ideias mais ou menos vagas, ainda não muito bem legitimadas, mas que podem se tornar cada vez mais rica em conteúdo, circular por muitas épocas até virar um dogma e ser estudada pelos cientistas. A ideia de átomo dos filósofos gregos no século V a.C. é colocada como uma Protoideia para o átomo atual. Nesse sentido, o conhecimento é como uma evolução das ideias anteriores, nas quais ocorrem transformações lentas e gradativas no ‘Estilo de Pensar’. Embora Fleck (2010) também afirma que nem todo conhecimento possui uma Protoideia.

Na concepção fleckiana, de acordo com Chicória, Aires e Camargo (2018), a construção do conhecimento científico não ocorre de maneira acumulativa e linear, em formato de progresso, mas por meio de continuidade e descontinuidade, análogo aos processos evolutivos. Assim, pode ocorrer Protoideias ou não na emergência de um Fato Científico. Desse modo, nem sempre o conhecimento científico pode ser reconhecido como uma extensão ou evolução do pensamento anterior. É o caso da mecânica clássica de Isaac Newton (1643-1727) e a teoria da relatividade de Albert Einstein (1879-1955). As grandezas físicas (massa e tempo) na mecânica newtoniana são absolutas, no entanto na segunda teoria as grandezas são relativas. Ambas são utilizadas na ciência, todavia a segunda teoria não evoluiu da primeira.

Ademais, em Fleck (2010), há a noção de construção coletiva na ciência e a compreensão de que um conceito é reflexo de um conjunto de regras, valores, crenças de um grupo em determinado período.

Em suma, Fleck (2010) utilizou um episódio histórico da medicina para apresentar características do trabalho científico. A saber: Fleck estudou a doença sífilis, a Reação de Wassermann e suas relações com outros acontecimentos históricos. Desse modo, Fleck deixou registrado como a cultura popular influencia no processo de construção do conhecimento científico. Os casos de tuberculose eram mais frequentes na população, mas a tuberculose era considerada uma doença dos poetas ultrarromânticos. Enquanto na visão popular havia uma ênfase moral da doença sífilis, considerada como uma doença de “sangue impuro” e de desonra. As pressões para diagnóstico e tratamento da sífilis foram tão intensas que gerou impacto nas pesquisas científicas, chegando-se aos exames sanguíneos, como a Reação de Wassermann, tamanha a presença da cultura popular no meio científico.

2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA

Ludwik Fleck propôs, já nas décadas de 20 e 30 do século XX, uma teoria da ciência diferente daquela do Círculo de Viena, de concepção positivista. Na essência da sua epistemologia, Fleck olha para o Fato não como algo objetivo e fixo, mas como algo dinâmico e totalmente dependente do contexto do pesquisador que observa tal Fato.

Como principais diferenças, Fleck (2010) defendeu:

1) a importância do percurso histórico e social do conhecimento científico, concomitante aos fatores epistemológicos (internos da ciência), sendo que os participantes do referido círculo defendiam, exclusivamente, uma ciência internalista;

2) o modelo de epistemologia com base na biologia (matriz biológica), enquanto aqueles possuem por base essencialmente a física (tanto a clássica como a moderna, a partir da mecânica quântica) e a matemática;

3) a ideia de que “todo trabalho científico é trabalho coletivo” (Fleck, 2010, p. 84), sendo que a ciência positivista enfatiza(va) o espírito antimetafísico, sem se preocupar com a construção coletiva do conhecimento. Ainda que formassem uma sociedade, o Círculo de Viena não compreendia a produção do conhecimento como fruto da atividade coletiva. Inclusive, para os empiristas, era necessário se despir de dados, ser neutro, para interpretar o objeto (o Fato). No entanto, para o médico polonês “a palavra ‘conhecer’ somente ganha um significado no contexto de um coletivo de pensamento” (Fleck, 2010, p. 86);

4) a presença de elemento não empírico na construção do pensamento científico, cujos produtos intelectuais são subjetivos da mente e formam os conceitos epistemológicos: Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Fato Científico, Emergência de um Fato Científico, Protoideia, Harmonia das Ilusões, Tráfegos Inter e Intracoletivo de Ideias (ou ainda Circulação Inter e Intracoletiva de Ideias); conceitos que estruturam a construção da ciência para Fleck, sendo que para os positivistas, a mesma estrutura corresponde ao método científico;

5) a presença de um terceiro elemento na construção do conhecimento- o estado do conhecimento - para além do sujeito e do objeto. De modo a não ser mais uma relação binária, sujeito neutro e objeto fixo, como no modelo empírico-indutivista e depois, positivistas.

Muito provavelmente, a não aceitação da epistemologia fleckiana à época, tenha se dado justamente por esta se opor completamente ao modo de compreender a construção da ciência pelos empiristas. Nesse sentido, Fleck apresenta(va) um novo Estilo de Pensamento sobre a ciência. Novo estilo este pelo qual, 30 anos mais tarde, Kuhn é enaltecido, com seu livro “A Estrutura das Revoluções Científicas” (Cohen; Schnelle, 1986; Condé, 2017; Fleck, 1979, 1980, 2010; Löwy, 1994; Massoni; Moreira, 2015; Schäfer; Schnelle, 2010).

Massoni e Moreira (2015) argumentam que Fleck, assim como Karl Popper e outros epistemólogos do século XX, se opuseram às ideias positivistas do Círculo de Viena, as quais se baseavam no empirismo tradicional, no indutivismo e no verificacionismo como forma de demarcar o discurso científico. Assim, o médico polonês diz em sua obra original “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, de 1935, que mesmo os pensadores das ciências humanas cometem o erro de superestimar o Fato Científico (objeto), como numa espécie de devoção.

⁵Ora, todos estes pensadores educados sociológica e humanisticamente – por mais encorajadoras que sejam as suas ideias- cometem um erro característico: têm demasiado respeito, uma espécie de reverência religiosa pelos fatos científicos (Fleck, 1980, p. 65) [Tradução nossa].

Além disso, de acordo com Fleck (1980), outro erro é cometido por cientistas naturais, estudosos da teoria do conhecimento, os quais sabem que não existem Fatos exclusivamente objetivos, somente relações a um sistema de referência arbitrário, entretanto superestimam a lógica e o raciocínio lógico.

⁶Um erro oposto, igualmente característico, é cometido pelos filósofos naturais (cientistas), que filosofam/raciocinam. Eles sabem que não existem “características e relações exclusivamente objetivas”, mas apenas relações a um sistema de referência mais ou menos arbitrário. Mas eles, por sua vez, cometem o erro de ter muito Respeito pela Lógica, uma espécie de reverência religiosa pelo raciocínio lógico (Fleck, 1980, p. 69) [Tradução nossa].

Quanto ao Fato Científico, objeto para os empiristas, Fleck (1979, 1980, 2010) menciona que para os pensadores do Círculo de Viena, aqueles de formação científica, como físicos e matemáticos, o pensamento humano é fixo, absoluto, e o Fato empírico relativo. Já filósofos humanistas (das ciências humanas: filosofia, sociologia) consideram o Fato como algo fixo e o pensamento humano como algo variável. Um ao contrário do outro, considera como fixo algo que lhe é estranho ou desconhecido.

⁵ Num begehen alle diese soziologisch und humanistisch gebildeten Denker – so fördernd ihre Gedanken sind – einen charakteristischen Fehler: sie haben allzugrossen Respekt, ein Art religiöser Hochachtung vor naturwissenschaftlichen Tatsachen (Fleck, 1980, p. 65).

⁶ Einen entgegengesetzten, ebenfalls sehr charakteristischen Fehler begehen die philosophierenden Naturforscher. Sie wissen, dass es keine “einzig und allein objektiven Merkmale und Verhältnisse” gebe, sondern nur Relationen in bezug auf ein mehr oder weniger willkürliche Bezugssystem. Aber sie begehen ihrerseits den Fehler, allzugrossen Respekt vor Logik, eine Art religiöser Hochachtung vor logischem Schliessen zu haben (Fleck, 1980, p. 69).

No entanto, Fleck propõem dispensar a ideia de algo fixo, uma vez que tanto o pensamento quanto os Fatos são variáveis; pois ambos são mutáveis. Fatos novos podem ser encontrados com um pensamento novo, visto que a engrenagem de ideias só se mantém por meio do constante movimento e interação.

Aquilo que nos parece fixo, objetivo e absoluto, na realidade, passa por um longo processo de *evolução* social e linguística. Essa ideia de evolução mostra a filiação de Fleck a uma perspectiva darwinista, isto é, ele transpõe para a epistemologia a concepção de evolução (Condé, 2017, p. 75).

Conforme a perspectiva fleckiana, de acordo com Cohen e Schnelle (1986), o condicionamento histórico do conhecimento ocorre por meio da evolução de um Fato Científico, como o caso extensivo escrito por Fleck sobre o conceito da sífilis.

Segundo Condé (2017), Fleck elaborou um estudo de caso sobre a emergência de um Fato Científico, propondo como ideia principal, que os episódios históricos propiciam mudanças sobre o processo científico, sendo este forjado por aspectos empíricos e sociais ao longo dos anos. Realizando-se dessa maneira, uma espécie de ciência da ciência, nas quais consideram-se questões sociológicas, antropológicas, filosóficas, históricas.

[...] o que caracteriza a ideia de historicidade da ciência em Fleck é o fato de, para ele, a ciência ser um produto social que se dá no tempo, portanto, constitui-se como um fenômeno histórico. Para caracterizar a historicidade da ciência, no entanto, ele não usa a expressão “historicidade”, mas uma série de outras expressões ligadas à ideia da produção do conhecimento científico como um fenômeno histórico (Condé, 2017, p. 77).

Para Fleck, de acordo com Condé (2016b), a compreensão epistemológica da ciência está marcada pelos aspectos históricos e sociais. Nesse sentido, torna-se necessário conhecer o processo histórico no qual o conhecimento se desenvolve. A base epistemológica fleckiana tem como sustentação a matriz biológica, sendo o conhecimento construído de modo análogo à evolução darwinista, isto é, de uma maneira lenta e gradativa.

A biologia me ensinou a examinar uma área submetida à evolução sempre em sua história evolutiva. Quem, hoje em dia, é capaz de fazer anatomia sem embriologia? Da mesma maneira, qualquer teoria do conhecimento sem estudos históricos ou comparados permaneceria um jogo de palavras vazio, uma epistemologia imaginária (Condé, 2016b, p. 62).

Conforme Condé (2012), as principais ideias defendidas por Fleck são as de que a ciência é sempre uma atividade coletiva. O cientista não pensa sozinho, uma vez que é influenciado pelo Coletivo e Estilo de Pensamento de uma cultura científica. Fleck (2010) considera que todo conhecimento é coletivo, pois é fruto do contexto histórico, social e cultural de uma comunidade científica.

Assim, a produção e a validação de um conhecimento científico dependem da sociedade em que os Coletivos e Estilos de Pensamento estão inseridos. Então, surge a ideia fleckiana sobre pensamento coletivo, no sentido de que “a ciência é um esforço coletivo dos seres humanos” (Condé, 2012, p. 19).

Massoni e Moreira (2015) explicam que Fleck ao estudar sobre a doença sífilis, compreendeu que as regularidades não são em relação aos aspectos básicos da matéria, como ocorre na física, mas estão restritas ao tempo e ao espaço e sujeitas a muitas exceções, sendo que se sobressai as irregularidades. Exemplificando, diferentes pessoas ou organismos reagem distintamente uma das outras em resposta ao mesmo tratamento ou medicamento. Desse modo, ressalta-se as ciências biológicas/médicas para compreensão da teoria do conhecimento.

Em outras palavras, Schäfer e Schnelle (2010) vão relatar que Fleck estudou os fatores internos da medicina. Como exemplo, o conhecimento na medicina é voltado para os fenômenos irregulares; ou seja, aqueles não saudáveis, patológicos dos organismos. Enquanto o positivismo focava na regularidade dos fenômenos. Nesse sentido, percebe-se uma grande lacuna entre o “saber livresco” e as observações concretas. Desse modo, Fleck questiona o conceito de fato para os empiristas lógicos que o tinham como algo fixo. Na medicina, havia uma formulação de novas definições de doenças, e, portanto, mutações no pensamento, não ocorrendo a possibilidade de uma análise uniforme devido às irregularidades. Assim, Fleck explica a necessidade de concepções diferenciadas dos fenômenos patológicos e o conceito de incomensurabilidade (olhar simultâneo do conhecimento médico).

Nessa sequência, Schäfer e Schnelle (2010, p. 13) explicam que “Fleck ‘sociologiza’ sua análise científica”, apresentando uma concepção externalista sobre a ciência. Na visão fleckiana, em relação aos aspectos sociológicos do conhecimento, há o valor da educação (I), ressaltando a passagem do conhecimento no processo de aprendizagem; (II) a tradição histórica, na qual os conhecimentos

novos são predeterminados pelos antigos e o efeito da sequência (III) do processo de conhecimento, aquilo que já foi conceituado restringe concepções subsequentes. Fleck retrata a importância das condições sociais e culturais do conhecimento. Dessa maneira, amplia seu entendimento sobre o conhecimento científico para além da medicina.

Em sua obra, Fleck é enfático ao afirmar que “cognição é a atividade humana que mais depende das condições sociais, e o conhecimento é o produto social por excelência” (Condé, 2012, p. 42). Assim, Fleck toma como fundamental a dimensão social como ponto de partida de sua teoria do conhecimento:

Qualquer teoria do conhecimento que não leve em conta, de maneira fundamental e detalhada, essa dependência social de todo conhecimento é dispensável. Mas aqueles que consideram a dependência social como um mal necessário e uma lamentável imperfeição humana a ser combatida, não sabem que sem condicionamento social simplesmente nenhuma cognição é possível (Condé, 2012, p. 43).

De acordo com Condé (2012), Fleck também discute uma controvérsia entre os pesquisadores Wassermann e Bruck, os quais disputavam a prioridade da “descoberta” da comprovação da existência do sangue sifilítico, o que seria posteriormente, o diagnóstico para “a sífilis” (ou para doenças venéreas, termo utilizado à época).

Fleck se apoia nessa controvérsia por se opor à ideia de que se pode falar de “descobridor” (ou de vários “descobridores”) de um novo fato científico, e para se opor à visão que destaca o papel dos “grandes homens” e gênios da ciência (Newton, Lavoisier e Pasteur) à da ciência como um trabalho coletivo e como fenômeno social e cultural (Condé, 2012, p. 20).

O ponto de virada para diagnóstico da sífilis foi a invenção da Reação de Wasserman enquanto reação reproduzível, utilizável. Para comprovação deste fato foi necessário a importância social peculiar da doença e o estigma de alteração sifilítica do sangue, associado ao sangue impuro e, além disso, ao peso de uma doença de desonra (Fleck, 1980).

⁷Wassermann não encontrou sua reação por acaso, mas porque procurava por ela, procedendo de maneira totalmente sistemática e baseando-se, evidentemente, no estado do nosso saber da época. Mas há de se convir que ideias inteligentes muitas vezes também são ideias afortunadas e que uma mão habilidosa muitas vezes também é uma mão de sorte. Isso faz parte do inexplicável na essência de um grande pesquisador, isto é, escolher, entre o grande número de possibilidades de se abordar um problema, exatamente aquela, que, graças a uma inspiração intuitiva, leva ao sucesso (Fleck, 2010, p.122) [sublinhado adicionado].

Nesse sentido, consideramos que Fleck supõe devidamente que na produção do conhecimento os cientistas utilizam todo arcabouço teórico e prático disponíveis, incluindo contextos social e histórico, e, mais a inspiração intuitiva, ou ainda a criatividade. Ou seja, além da metodologia científica tradicional, há a maneira não sistemática de se fazer ciência, por meio do uso de habilidades não convencionais. Na invenção da Reação de Wassermann, os cientistas partiram de pressupostos equivocados, de natureza não científica, uma hipótese pensada a partir da cultura popular, para a bem-sucedida reação reproduzível (e desejada).

A partir do olhar fleckiano, a ciência é produzida pelo trabalho coletivo. Dessa maneira, não existe “descobridor” ou “descobridores” de um fato, mas sim uma construção coletiva sobre um Fato Científico, uma vez que os contextos social, cultural e histórico devem ser levados em consideração ao longo do desenvolvimento dos conhecimentos científicos, tal como a pressão social para diagnóstico e tratamento da sífilis (Condé, 2012).

⁷ Wassermann fand seine Reaktion nicht zufällig, sondern weil er danach suchte und dabei ginge er ganz systematisch vor, natürlich fussend auf dem Stand unseres damaligen Wissens. Aber es ist nun schon einmal so, dass kluge Gedanken häufig auch glückliche Gedanken sind und dass eine geschickte Hand häufig auch eine glückliche Hand ist. Das ist eben ein Teil des Unerklärlichen im Wesen einer genialen Forscherpersönlichkeit, unter den vielen Möglichkeiten, mit denen man ein Problem anpacken kann, dank einer intuitiven Eingebung gerade die Möglichkeit zu wählen, die zum Erfolg führt (Fleck, 1980, p.99-100) [sublinhado adicionado].

Wassermann found his reaction not by chance but because he looked for it, proceeding quite systematically, naturally on the basis of our then current knowledge. But shrewd ideas are frequently also fortunate ideas, and a skilled hand is often also a lucky hand. Precisely this is an inexplicable part of the nature of a brilliant research scientist's personality who, from the many possible ways to tackle a problem, intuitively chooses the one that leads to success (Fleck, 1979, p.75) [sublinhado adicionado].

⁸Quando se olha o lado formal do universo científico, sua estrutura social é óbvia: vemos um trabalho coletivo organizado com divisão de trabalho, colaboração, trabalhos preparativos, assistência técnica, troca de ideias, polêmicas etc. Muitas publicações mostram o nome de vários autores que trabalham em conjunto. Além desses nomes, encontramos, nos trabalhos das ciências exatas, quase sempre o nome da instituição e seu diretor. Há uma hierarquia científica, grupos, adeptos e adversários, sociedades e congressos, periódicos, instituições de intercâmbio etc. O portador do saber é um coletivo bem organizado, que supera de longe a capacidade de um indivíduo (Fleck, 2010, p. 85).

Considera-se que Fleck conseguiu compreender a relação entre ciência e sociedade, especialmente porque incorporou conjuntamente aspectos sociológicos, históricos e epistemológicos. Sendo assim, todo conhecimento decorre das práticas sociais (Condé, 2017).

⁹Aparecem novos motivos que o pensamento isolado e individual seria incapaz de gerar: propaganda, imitação, autoridade, concorrência, solidariedade, inimizade e amizade. Todos esses motivos ganham importância para a teoria do conhecimento, uma vez que todo o acervo de conhecimentos e a interação mental coletiva influenciam cada ato de

⁸ Wir sehen eine organisierte Kollektivarbeit mit Arbeitsteilung, Mitarbeit, Vorbereitungsarbeit, technischer Hilfe, gegenseitigem Ideenaustausch, Polemik etc. Viele Publikationen tragen die Namen mehrerer, gemeinsam arbeitender Verfasser, außer ihnen steht in naturwissenschaftlichen Arbeiten fast immer die Anstalt und deren Leiter zitiert. Es gibt wissenschaftliche Hierarchie, Gruppen, Anhänger und Widersacher, Gesellschaften und Kongresse, periodische Journale, Austauscheinrichtungen etc. Ein wohlorganisiertes Kollektiv ist Träger des Wissens, das die Kapazität eines Individuums weit übersteigt (Fleck, 1980, p. 58).

When we look at the formal aspect of scientific activities, we cannot fail to recognize their social structure. We see organized effort of the collective involving a division of labor, cooperation, preparatory work, technical assistance, mutual exchange of ideas, and controversy. Many publications bear the names of collaborating authors. Scientific papers almost invariably indicate both the establishment and its director by name. There are groups and a hierarchy within the scientific community: followers and antagonists, societies and congresses, periodicals, and arrangements for exchange. A well-organized collective harbors a quantity of knowledge far exceeding the capacity of any one individual (Fleck, 1979, p. 42).

⁹ Neue Motive, die isoliertes, individuelles Denken zu erzeugen unfähig wäre, erscheinen: Propaganda, Nachahmung, Autorität, Konkurrenz, Solidarität, Feindschaft und Freundschaft. Alle diese Motive gewissen Erkenntnistheoretische Wichtigkeit, da doch der ganze Erkenntnisbestand und die kollektive gedankliche Wechselwirkung bei jedem einzelnen Erkenntnisakte mitwirken, der já ohne sie grundsätzlich unmöglich ist. Jede Erkenntnistheorie, die diese soziologische Bedingtheit allen Erkennens nicht grundsätzlich und einzelhaft ins Kalkül stellt, ist Spielerei. Wer aber die soziale Bedingtheit für ein malum necessarium, für eine leider existierende menschliche Unzulänglichkeit ansieht, die zu bekämpfen Pflicht ist, verkennt, dass ohne soziale Bedingtheit überhaupt kein Erkennen möglich sei (Fleck, 1980, p. 59-60).

New themes such as propaganda, imitation, authority, rivalry, solidarity, enmity, and friendship begin to appear – themes which could not have been produced by the isolated thought of any individual. Every such motif acquires epistemological importance, because the entire fund of knowledge as well as the intellectual interaction within the collective take part in every single act of cognition, which is indeed fundamentally impossible without them. Every epistemological theory is trivial that does not take this sociological dependence of all cognition into account in a fundamental and detailed manner. But those who consider social dependence a necessary evil and an unfortunate human inadequacy which ought to be overcome fail to realize that without social conditioning no cognition is even possible (Fleck, 1979, p. 43).

conhecimento que, sem eles, seria, em princípio, impossível. Qualquer teoria do conhecimento que não leva em conta esse condicionamento social de todo conhecimento é uma brincadeira. Quem, entretanto, considera o condicionamento social como um mal necessário, como uma lamentável imperfeição humana a ser combatida, não sabe que, sem esse condicionamento, o conhecimento simplesmente não é possível (Fleck, 2010, p. 86).

Na epistemologia fleckiana, é observada também a ideia de Coletivo de Pensamento para a construção do conhecimento. Ao trazer o conceito nosológico da sífilis, ou seja, o conhecimento histórico e sistemático da doença, Fleck (2010) o apresenta como resultado de algumas linhas de Coletivos de Pensamento, nos quais a trajetória histórica teve papel importante para o desenvolvimento do saber científico. Mesmo um pesquisador moderno, munido de todo equipamento intelectual e material não seria capaz de separar os quadros clínicos e as sequelas de uma doença em sua totalidade. Por outro lado, a comunidade organizada de pesquisadores, com apoio do saber popular e pesquisando durante algumas gerações consegue alcançar a construção do conhecimento científico mais adequadamente.

Assim, Fleck (2010) é enfático ao relatar que não se pode abandonar os vínculos históricos do que já foi construído, a respeito de um conceito científico, ao afirmar que não existe a possibilidade de determinar esse conceito com base apenas na observação e na experimentação. Faz-se necessária, na concepção fleckiana, a formulação do saber científico, olhar para o caminho histórico por mais difícil e distorcido que este tenha sido.

Fleck (2010) explica a diferença entre experimento e a experiência. O primeiro termo se refere ao experimento em si, aquele de bancada de laboratório, que pode ser interpretado com os resultados apurados. Contudo, o segundo termo abrange a dialética do sujeito do conhecimento, do objeto já conhecido e do objeto a ser conhecido. Ou seja, compreende-se um terceiro elemento no processo epistemológico, que é o estado do saber, ou o estado do conhecimento, ou ainda o estado cognoscível (Cohen; Schnelle, 1986).

Desse modo, segundo Fleck (1979, 1980, 2010), numa relação entre sujeito e objeto, isto é, entre o ator do conhecimento e algo a ser conhecido, respectivamente, existe um terceiro elemento: o estado do saber. É pontuado ainda, pela concepção fleckiana, que se não fosse este estado, não haveria como se entender as etapas para se chegar a um sistema fechado e a um estilo. E mais, tal estado sofre

influências das pré-ideias do saber no passado, visto que algo já conhecido influencia no conhecimento novo.

O pensamento nunca começa do zero, há sempre uma base, uma história prévia, há sempre outros lugares, outras instâncias, outros indivíduos dos quais provêm as noções utilizadas para formular o pensamento de alguém. Pensar, portanto, é uma atividade genuinamente coletiva que pressupõe troca. Ou seja, um “coletivo de pensamento” existirá em qualquer situação em que duas ou mais pessoas estiverem realmente trocando ideias (Condé, 2012, p. 44).

Dessa maneira, o sujeito que participa do processo de construção do conhecimento, além de não ser neutro, possui caráter histórico, social e cultural, os quais determinam sua perspectiva, isto é, sua compreensão do objeto. O sujeito é, portanto, “um sujeito coletivo que compartilha práticas, concepções, tradições e normas, ou seja, um estilo de pensamento próprio do coletivo de pensamento ao qual pertence” (Lambach; Marques 2014, p. 11). Desse modo, o estado do saber ultrapassa quaisquer habilidades individuais, sendo fundamentado pelo agente do Coletivo de Pensamento.

¹⁰Apesar de consistir em indivíduos, o coletivo de pensamento não é a simples soma deles. O indivíduo nunca, ou quase nunca está consciente do estilo de pensamento coletivo que, quase sempre, exerce uma força coercitiva em seu pensamento e contra a qual qualquer contradição é simplesmente impensável (Fleck, 2010, p. 84).

Apesar de defender a importância do percurso histórico e a construção social para a teoria do conhecimento, Fleck vê a ciência de maneira não apenas externalista como também epistemológica, de abordagem endógena (dentro da ciência). Desse modo, os aspectos internos, como a elaboração dos conceitos científicos, estão intrínsecos à ciência e, consequentemente, ligados aos contextos externos. Por isto, a epistemologia fleckiana possui o diferencial de pôr fim a dicotomia: internalismo *versus* externalismo, o que contribui para perceber a História

¹⁰ Obwohl das Denkkollektiv aus Individuen besteht, ist es nicht deren einfache Summe. Das Individuum hat nie, oder fast nie das Bewusstsein des kollektiven Denkstiles, der fast immer einen unbedingten Zwang auf sein Denken ausübt und gegen den ein Widerspruch einfach undenkbar ist (Fleck, 1980, p. 56-57).

Although the thought collective consists of individuals, it is not simply the aggregate sum of them. The individual within the collective is never, or hardly ever, conscious of the prevailing thought style, which almost always exerts an absolutely compulsive force upon his thinking and with which it is not possible to be at variance (Fleck, 1979, p. 41).

“da” Ciência, como também a História “sobre” Ciência e, em especial, o Ensino “de” Ciência e o Ensino “sobre” Ciência.

No Ensino de Ciências, comumente, utiliza-se a “evolução conceitual” na compreensão da História da Ciência. Ou seja, é explicado como determinado conceito científico foi modificado (evoluído) ao longo do tempo. No entanto, o ensino pautado exclusivamente dessa maneira valoriza a perspectiva internalista da ciência, sem que haja ênfase a percepção social do conhecimento. Ademais, muitos conceitos atuais da química como o do **orbital** provém de uma concepção internalista, pois este foi modificado por conta das necessidades intrínsecas na formulação da teoria científica, haja vista que a mecânica quântica alterou a maneira de compreender a ciência no século XX, e foi de fato um momento “evolucionário” no pensamento científico. Outrora, o conceito de átomo esteve sob transformação conceitual e atrelado as discussões filosóficas: visões realistas *versus* visões não realistas dos cientistas. Mas essas discussões, que fizeram parte da construção conceitual (ou da formação do Estilo de Pensamento), não costumam ser ministrados nas aulas de Ciências/Química, tampouco são sugeridas nos livros didáticos.

Portanto, o diferencial da epistemologia fleckiana para o Ensino de Ciências está na possibilidade de discutir a construção epistemológica do conhecimento. Em outras palavras, Fleck (1979, 1980, 2010) nos permite conhecer interna e externamente a ciência a partir de uma abordagem socioconstrutivista, sob modelo biológico. Assim, tendo por base os organismos vivos, os fatos nascem, crescem, se transformam e fecham o ciclo biológico. Por sua vez, sugerimos que professores de ciência possam se familiarizar com esse modelo de ciência para que, então, tenham formação para ensinar “sobre” ciência.

As definições dos conceitos fleckianos, tais como: Protoideia, Harmonia das Ilusões, Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Mutações no Estilo de Pensamento, Fato Científico, entre outros, são aprofundadas na seção 2.5.

2.4 CONCEITOS DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA

Consideramos que a epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010) pode trazer importantes contribuições para a compreensão de como os conceitos e processos

científicos são construídos ao longo da história. Nesta seção, são aprofundados os conceitos fleckianos de Fato Científico, Protoideia, Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Mutação no Estilo de Pensamento, Harmonia das Ilusões, Círculo Esotérico, Círculo Exotérico e Tráfegos Intra e Intercoletivo de Ideias.

O conceito fleckiano sobre Fato Científico é o primeiro a ser mencionado na obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”. É apresentado o Fato Científico como sendo o objeto da teoria do conhecimento e é citado o problema de pesquisa da obra fleckiana. Para exemplificar: “como surgiu e em que consiste esse fato empírico?” (Fleck, 2010, p. 38). Neste problema, Fleck investigou como surgiu a associação da Reação de Wassermann à sífilis e em que consistiu tal reação (fato empírico). Nesse sentido, Fleck escolheu um Fato novo para a ciência, onde não estavam esgotadas as possibilidades de investigações e cuja aplicabilidade no campo da medicina era extremamente útil e importante.

[...] todo o esforço da teoria da ciência de Fleck procura mostrar que o fato científico não é propriamente algo simplesmente dado, mas algo que, para além de uma descrição do empírico, se estabelece e se desenvolve (evolui) através de um complexo processo de interações sociais e empíricas ao longo de muito tempo. Processo esse que é semelhante, mas não idêntico, à vida de um organismo biológico que nasce, se desenvolve, se reproduz e morre (Condé, 2018, p. 170).

Fleck explica que “o fato científico é uma construção social e linguística do pensamento coletivo” (Condé, 2017, p. 76). Como exemplo, a sífilis não foi explicada como um Fato Científico dado, pronto e acabado, mas foi construído a partir de um longo processo com inúmeras idas e vindas, onde houve diferentes épocas, contextos e distintas tentativas de elaborar explicações para a sífilis.

Massoni e Moreira (2015) mencionam que Fleck resgata o conceito da sífilis desde suas origens medievais até o desenvolvimento da Reação de Wassermann na década de 1930, cerca de cinco séculos de percurso histórico e social. Nessa história foi destacada a estrutura de pensamento das comunidades científicas, seu caráter coletivo, histórico e contextual.

¹¹Havia uma grande predisposição social para os problemas da sífilis, provocada por velhas ideias pré-científicas: primeiro, em virtude da ideia da sífilis enquanto epidemia venérea com ênfase ética; segundo, em virtude de uma ideia obstinada da alteração sifilítica do sangue, que demandava sua realização (Fleck, 2010, p. 124).

Podemos dizer que a ideia de “sangue sifilítico” era um dogma, pois não havia provas científicas. Essa crença estava associada aos vínculos como castidade, sedução, doença, castigo, concepções que interferiam na vida social das pessoas. Dessa maneira, havia o “grito pelo exame de sangue”, que representava a busca por diagnóstico e tratamento de tal doença amaldiçoada, de desonra. Havia conceitos inacabados sobre a sífilis: o problema da sífilis hereditária, as deficiências dos descendentes de pais sifilíticos, o surgimento da identidade gonorreia-sífilis. As concepções do saber popular geraram um processo de complicações e Mutações no Estilo de Pensamento (Massoni; Moreira, 2015).

[...] o que hoje entendemos como um fato científico chamado “sífilis” com diagnóstico e tratamento, na realidade, foi compreendido de forma distinta em diferentes coletivos de pensamentos situados historicamente, que produziram várias teorias e práticas científicas condicionadas por esses diversos contextos históricos e culturais em que foram produzidas (Condé, 2018, p. 170).

Em contrapartida, a doença tuberculose causou, por séculos, mais danos às pessoas, mas por ser conhecida popularmente como uma doença “romântica”, não teve a mesma ênfase social para incentivo das pesquisas científicas, tal como teve a sífilis (Fleck, 2010).

Em relação ao Fato Científico, Fleck (1979, 1980, 2010) explicou a Reação de Wassermann como Conexão Ativa, ou Acoplamento Ativo do saber, pois se tratava da construção empírica do conhecimento, e a doença sífilis como a Conexão Passiva, ou Acoplamento passivo, construída concomitantemente à parte ativa do saber. O princípio da “descoberta” possui relação com o Fato Científico, que é constituído devida junção dos Acoplamentos Ativo e Passivo. Por sua vez, o Acoplamento Ativo tem relação com a parte coletiva do conhecimento (Coletivo de

¹¹ Es gab eine mächtige soziale Stimmung für Syphilisprobleme, die durch alte, vorwissenschaftliche Ideen hervorgerufen war: erstens durch die Idee der Syphilis als ethisch betonter Lustseuche, zweitens durch eine hartnäckig nach Realisierung verlangende Idee der syphilitischen Blutveränderung (Fleck, 1980, p. 102).

Early, prescientific ideas brought about a powerful prevailing social attitude toward the problems of syphilis. These were the idea of syphilis as carnal scourge, with strong moralistic connotations; and the persistent idea-demanding justification-of change in syphilitic blood (Fleck, 1979, p. 77).

Pensamento), enquanto o Acoplamento Passivo tem relação ao ato da percepção (interpretação), pois se refere aos resultados inevitáveis. Neste quesito, a interpretação cabe ao pesquisador.

Conforme Condé (2010), um desafio para entender a epistemologia fleckiana é tentar compreender um Fato Científico seguindo um “sistema de referência”, onde múltiplas Conexões Ativas e Passivas se equilibram e os Fatos surgem e se desenvolvem. Assim, sugere-se abandonar as dicotomias das posições radicais, como a descrição empírica e postulações lógicas, para entender a partir de Fleck que o conhecimento emerge da atividade humana em suas interações com o social e a natureza.

Dessa maneira, a sífilis representa um “produto de um complexo sistema de referência, que inclui a doença, epidemias, saber popular, julgamento moral, saber científico teórico, práticas laboratoriais, tratamento, medicamentos, políticas de saúde pública” (Condé, 2018, p. 171).

Segundo Condé (2010, 2018), para Fleck, um Fato Científico é forjado na tessitura entre os aspectos empíricos e sociais ao longo de muitos anos, remetendo à ideia de historicidade da ciência. Até mesmo o Fato Científico se estabelece e se desenvolve (evolui) por meio de um complexo processo de interações sociais e empíricas ao longo do tempo. Desse modo, semelhantemente a um objeto biológico, o Fato Científico passa por um ciclo, na qual nasce (emerge), se desenvolve, se reproduz e morre (ou melhor, sofre transformações).

¹²Podemos definir o fato científico provisoriamente como uma *relação de conceitos conforme o estilo de pensamento, que, embora possa ser investigável por meio dos pontos de vista históricos e da psicologia individual e coletiva, nunca poderá ser simplesmente construída, em sua totalidade, por meio desses pontos de vista*. Assim fica constatado o fenômeno da associação inseparável das partes ativas e passivas do saber,

¹² Wir können vorläufig die wissenschaftlichen Tatsache definieren als eine *denkstilgemäße Begriffsrelation, die zwar von geschichtlichen, individuell- und kollektiv-psychologischen Standpunkten aus untersuchbar, aber nie ohne weiteres aus diesen Standpunkten inhaltlich vollständig konstruierbar ist*. Somit ist jenes Phänomen unzertrennlicher Verbundenheit aktiver und passiver Anteile des Wissens ausgedrückt und auch das Phänomen, dass die Zahl beider Anteile mit der Zahl der Tatsachen wächst (Fleck, 1980, p. 110).

For the time being we can define a scientific fact as a *thought-stylized conceptual relation which can be investigated from the point of view of history and from that of psychology, both individual and collective, but which cannot be substantively reconstructed in toto Simply from these points of view*. This expresses the inseparable relation between active and passive parts of knowledge as well as the phenomenon that the number of both these parts of knowledge increases with number of facts (Fleck, 1979, p. 83).

e ainda o fenômeno de o número das duas partes crescer com o número de fatos (Fleck, 2010, p. 132).

A partir da definição fleckiana, como nasce o Fato Científico?

¹³Assim nasce o *fato*: *primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata*. Ele sempre é um acontecimento que decorre das relações na história do pensamento, sempre é resultado de um determinado estilo de pensamento (Fleck, 2010, p. 144-145).

Schäfer e Schnelle (2010) afirmam que a *Gestalt* é a pura percepção do Estilo de Pensamento. No entanto, se faltar algo indefinido, impreciso, sem estilo, não orientado e caótico, nota-se que falta o fato, uma vez que fatos não se oferecem de modo simples e imediato, porém tem sua gênese na relação específica do percebido com o coletivo de pensadores.

De acordo com Massoni e Moreira (2015), a análise da gênese de um Fato Científico leva-nos a reflexões sobre como as concepções da ciência resultam de um amadurecimento histórico e social. Nesse sentido, o Fato Científico é para Fleck (2010) um produto social que possui influências de fatores e normas inerentes das estruturas sociais e psíquicas da comunidade científica, a qual possui linguagem específica, conhecimentos e prática próprias que se traduzem em um Estilo de Pensamento. Este, por sua vez, condiciona o Coletivo de Pensamento. Nesse quesito, Fleck critica a historiografia da ciência que tende a vincular grandes “descobertas” a pesquisadores individuais. Ou seja, para Fleck, de acordo com Massoni e Moreira (2015) não há “descobertas” científicas, mas sim uma sistematização do conhecimento e os Fatos Científicos nascem e se desenvolvem por influência de fatores externos na tessitura de um Estilo de Pensamento, condicionado pelo Coletivo de Pensamento.

Fleck entende por fato científico aquelas percepções que se experimentam como coação decorrente do estilo de pensamento, como “forma” (*Gestalt*) a ser experimentada de modo imediato. Ele não quer eliminar da sua abordagem sociológica o vínculo ao fato, nem a noção de verdade. Mas

¹³ So entsteht die *Tatsache*: zuerst ein *Widerstandssignal im chaotischen anfänglichen Denken*, dann ein bestimpter *Denkzwang*, schliesslich eine *unmittelbar wahrzunehmende Gestalt*. Und sie ist immer ein Ereignis denkgeschichtlicher Zusammenhänge, immer ein Ergebnis bestimmten Denkstiles (Fleck, 1980, p. 124).

This is how a *fact* arises. At first there is a *signal of resistance in the chaotic initial thinking*, then a *definite thought constraint*, and finally a *form to be directly perceived*. A fact always occurs in the context of the history of thought and is always the results of a *definite thought style* (Fleck, 1979, p. 95).

ambos têm que ser reformulados a partir das estruturas dos coletivos de pensamento (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 32).

Na perspectiva fleckiana, muitos Fatos Científicos podem ser associados as Protoideias, sendo estas definidas como ideias pré-científicas mais ou menos vagas que influenciam o desenvolvimento do pensamento científico. Fleck (1979, 1980, 2010) exemplifica uma Protoideia ao citar a ideia vaga de alteração no sangue da pessoa sifilítica. O discurso de sangue impuro estava tão presente na cultura popular que com o tempo passou a influenciar as ideias sobre o sangue sifilítico no meio acadêmico. Desse modo, Fleck argumenta que a Reação de Wassermann “é a expressão científica moderna e uma pré-ideia existente há séculos, que contribuíram para a construção do conceito de sífilis” (Fleck, 2010, p. 65).

A Protoideia de alteração sifilítica no sangue (ou o sangue impuro sifilítico) continuou viva circulando por saberes popular até que os pesquisadores se renderam à opinião pública.

¹⁴Existia uma ideia vaga da alteração sifilítica do sangue séculos antes de ser comprovada cientificamente. Ela surgiu de uma mistura caótica de ideias, desenvolveu-se durante muitas épocas, tornou-se cada vez mais rica em conteúdo, mais precisa, e procurou suas provas nas mais diversas abordagens. Aos poucos, surgiu um dogma do sangue sifilítico cada vez mais sólido (Fleck, 2010, p. 65).

As Protoideias são ideias pré-científicas de origem remota e histórica, e que são (re)interpretadas em função de distintos Estilos de Pensamento de cada época. Na concepção fleckiana, são consideradas como “pré-disposições histórico-evolutivas das teorias modernas e sua gênese deve ser fundamentada na sociologia do pensamento” (Fleck, 2010, p. 66). Isto é, ideias vagas, imprecisas, nem certas e nem erradas, mas que assumem função heurística capaz de regular o processo de Mutações dos Estilos de Pensamentos (Massoni, Moreira, 2015).

Um exemplo de Protoideia na Química, se refere ao átomo da antiguidade grega que forneceu uma pré-ideia para a teoria moderna dos átomos, até mesmo

¹⁴ Eine unklare Idee syphilitischer Blutveränderung gab es, - wie wir darstellten, - Jahrhunderte vor der naturwissenschaftlichen Beweisführung. Sie sonderte sich aus einem chaotischen Gedankenbrei ab, sie entwickelten sich während vieler Epochen, sie wurde immer inhaltsreicher, präziser und suchte ihre Beweise in den verschiedensten Auffassungen. Nach und nach entstand ein sich festigendes Dogma vom syphilitischen Blute (Fleck, 1980, p. 35).

We have described a hazy idea of syphilitic changes in the blood and shown that this idea existed centuries before scientific proof was available. Emerging from a chaotic mixture of ideas, it developed over many epochs, becoming more and more substantial and precise. Evidence for it was adduced from various points of view, and a dogma concerning syphilitic blood gradually consolidated (Fleck, 1979, p. 23).

para o átomo quântico, trazendo significado para a ligação química e para a formação das substâncias.

¹⁵Pré-ideias também se encontram em outras áreas do conhecimento. A antiguidade grega forneceu a pré-ideia à teoria moderna dos átomos, ensinada principalmente por Demócrito em sua atomística primitiva. [...] Permanentemente verifica-se, com perplexidade, quantos motivos da moderna teoria dos átomos são pré-formulados nas teses dos atomistas antigos: o significado da ligação e separação dos átomos; seus movimentos mútuos de queda e seus resultados; os efeitos de pressão e impulsão etc. (Fleck, 2010, p. 65).

Dessa maneira, Fleck (1979, 1980, 2010) relata que a concepção sobre átomo do início do século XX, surgiu da atomística de Demócrito por meio de transformações em etapas. Outros exemplos de pré-ideias citados por Fleck são as ideias dos elementos e da composição química; o teorema da conservação da matéria; o teorema da forma esférica da terra; o sistema heliocêntrico. Esses exemplos, em um momento estiveram confusos na comunidade científica, até obterem fundamentações diversas e alcançarem status de expressão científica, uma legitimação. Entretanto, não cabe ao Coletivo de Pensamento atual julgar se as pré-ideias do passado estavam corretas ou incorretas, porque para aquele contexto fizeram sentido.

¹⁶Quanto as outras ideias primordiais, por exemplo a Pré-ideia atômica grega ou a Protoideia elementar, também não conseguimos decidir se estão certas ou erradas, afastadas da sua ligação temporal, porque correspondem a um coletivo de pensamento diferente. Eles são inconsistentes com o

¹⁵ Präideen finden sich auch in anderen Wissensgebieten vor. Die griechische Antike schenkte der modernen Atomtheorie ihre Präidee, die besonders Demokrit in seiner Ur-atomistik lehrte. [...] Immer wieder konstatiert man mit Staunen, wie viele Motive der modernen Atomtheorie in den Thesen der antiken Atomistiker vorgebildet sind: die Bedeutung von Verbindung und Trennung der Atome; ihre gegenseitigen Fallbewegungen und deren Ergebnisse; Druck- und Stosswirkungen etc. (Fleck, 1980, p. 35-36).

Other branches of science also have pre-ideas. The pre-idea of atomic theory stems from Greek antiquity, specifically as taught by Democritus in his original “atomistics”. [...] It is a constant source of amazement to see just how many features of modern atomic theory were preformed in the theses of these ancient precursors, such as the combination and separation of atoms, mutual gravitational motions and their effects, as well as pressure and collision phenomena (Fleck, 1979, p. 23-24).

¹⁶ Was andere Urieden anlangt, z. B die griechische Atom Präidee oder Die Element-Präidee, so vermögen wir ebenfalls nicht zu entscheiden, ob sei, aus ihrer zeitlichen Bindung herausgelöst, richtig oder falsch seien, denn sie entsprechen einem anderen Denkkollektiv, einem anderen Denkstil. Heutigem wissenschaftlichen Denken sind sie ungemäss, für ihre Schöpfer waren sie gewiss richtig (Fleck, 1980, p. 38).

Concerning other proto-ideas, such as the Greek pre-idea of the atom or that of the elements, we are also unable to decide whether they are right or wrong if they are taken out of their chronological context, because they correspond to a different thought collective and a different thought style. Although such ideas may not conform to modern scientific thought, their originators certainly considered them to be correct (Fleck, 1979, p. 25).

pensamento científico de hoje, mas certamente estavam corretos para os seus criadores (Fleck, 1980, p. 38) [Tradução nossa].

O conceito de Protoideia para Fleck (1979, 1980, 2010), pode ser compreendido como diretriz para o desenvolvimento do pensamento científico. Ainda que haja uma ligação evolutiva em uma teoria científica, as Protoideias permanecem nessa construção.

¹⁷Será que a teoria do conhecimento pode permanecer indiferente diante do fato de que muitas concepções científicas se desenvolveram, com certa perseverança, de protoideias, que, em sua época, não se sustentavam com provas válidas? [...] as protoideias devem ser consideradas como pré-disposições histórico-evolutivas de teorias modernas e sua gênese deve ser fundamentada na sociologia do pensamento (Fleck, 2010, p. 66).

Outro exemplo de Protoideia na Química faz menção à noção de valência, considerada por Souza (2020) como uma Protoideia para a ligação química. Percebeu-se, neste estudo, uma evolução na ideia de valência, a qual foi sendo explicada a partir da teoria atômica vigente de cada época. Dessa maneira, aprimorou-se a explicação de valência a depender de como se compreendia o átomo.

No início do século XIX, o conceito de valência era compreendido como a capacidade de “força” ou poder de combinação, alinhado à ideia do átomo de Dalton. O químico Linus Pauling (1901-1994) comentou que se sabia sobre arranjo e combinação dos átomos, mas não se entendia sua natureza. Após a presença do elétron como subpartícula do átomo, a partir da teoria de Thomson, a valência passou a estar associada às quantidades de elétrons capazes de unir os átomos.

Desse modo, “entre os modelos propostos para a ligação, estava a ideia de Lewis, a respeito do par de elétrons compartilhado” (Souza, 2020, p. 48). Posteriormente, a valência foi associada à ligação química.

Quanto às origens da noção de valência, a teoria dos tipos de Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) originou os conceitos de tipos mecânicos e químicos para explicar as ações dos compostos orgânicos nas reações de substituição. Esses

¹⁷ Darf die Erkenntnistheorie gleichgültig an der Tatsache vorübergehen, dass viele wissenschaftliche Auffassungen sich aus Urideen stetig entwickelten, die zu ihrer Zeit keine heute gültigen Beweise besassen? [...] Die Urideen sind als entwicklungsgeschichtliche Anlagen neuzeitiger Theorien zu betrachten und ihr Entstehen ist denksozial zu begründen (Fleck, 1980, p. 37).

Can epistemology blandly ignore the fact that many scientific positions steadily developed from proto-ideas which at the time were not based upon the type of proof considered valid today? [...] Proto-ideas must be regarded as developmental rudiments of modern theories and as originating from a socio-cognitive foundation (Fleck, 1979, p. 24-25).

conceitos compreendiam agrupamentos de átomos que se uniam para formar as substâncias. Além disso, houve influências de fatores externos para o desenvolvimento de pesquisas relacionados à valência. Conforme Souza (2020), havia a necessidade de representação estrutural dos compostos orgânicos, o que levou aos estudos sobre a noção de valência devido às crescentes indústrias farmacêuticas na Alemanha.

Todavia, Fleck (1979, 1980, 2010) não afirmou que é possível encontrar Protoideia para cada Fato Científico. Além disso, não são todas as ideias antigas que possuem relação histórica com algum conhecimento posterior desta, mesmo havendo semelhanças.

Entretanto, de maneira geral, na epistemologia fleckiana, as teorias científicas podem evoluir e se transformar. Estas passam por um longo processo de evolução social, histórica e linguística. Neste aspecto, Fleck se contrapõe ao positivismo lógico, que comprehende o fato como algo fixo, objetivo e absoluto (Condé, 2018).

Para Fleck, segundo Chicória, Aires e Camargo (2018), a observação de um fenômeno depende diretamente do Estilo de Pensamento do observador. Nesse sentido, a observação nunca é imparcial, pois há sempre uma teoria que a ampara. Para além, na relação cognoscitiva entre sujeito e objeto ocorre a mediação de um terceiro elemento denominado Estado do Saber, que pressupõe o ato de conhecer, o qual subjaz ao Estilo de Pensamento e ao Coletivo de Pensamento em que o indivíduo está inserido (Lorenzetti; Muenchen; Slongo, 2013; Nobre- da-Silva e Silva, 2021).

Na perspectiva fleckiana, olhamos com os nossos próprios olhos físicos, mas interpretamos como os olhos do coletivo. Desse modo, vemos as formas, os símbolos, mas a compreensão do sentido e as transposições permitidas são criadas pelo corpo coletivo. Há ainda, formas distintas para interpretação de uma gravura. É o exemplo da “senhora com um cachorro”, uma vez que os elementos na figura são vistos por meio de conexão, ao invés de separadamente. Assim percebemos o todo, ou seja, os elementos de conexão como a coleira e os passos do cachorro ao redor da senhora (Cohen; Schnelle, 1986). Tal exemplificação pode ser observada por meio da FIGURA 2.

FIGURA 2 - Olhar, ver, saber: observação treinada na conexão



FONTE: Cohen e Schnelle (1986, p.135).

LEGENDA: Figura em Preto e Branco (P&B), contendo uma senhora em traje esporte fino, portando uma bolsa na mão direita e na mão esquerda uma coleira junto a um cachorro Dachshund. Há uma delimitação da área com tracejado aos seus pés.

Embora o exemplo anterior seja simplificado, numa figura mais elaborada como o movimento em “destacamento de soldados” tendemos a olhar o todo e não distinguir os soldados separadamente. Assim, para um observador iniciado o “conjunto” representa uma determinada atividade realizada no coletivo, na qual sabemos muito mais a respeito, por isso a prontidão em perceber a forma (*Gestalt*), de maneira holística, completa, abrangente.

[...] vemos as formas; todo o sentido e a gama de transposições permitidas são criadas pelo corpo coletivo. Estamos inclinados a completá-los, tanto no sentido positivo quanto no negativo, ou seja, não vemos que alguns elementos estão faltando e somos cegos para adições desnecessárias (Cohen; Schnelle, 1986, p. 138) [Tradução nossa].

E mais, essa forma é construída pelo coletivo de cada época, sendo relevante o papel do contexto. Dessa maneira, de acordo com Cohen e Schnelle (1986), provavelmente a humanidade na história primitiva enxergaria um dragão com dificuldade para respirar e não uma estação ferroviária na FIGURA 3.

FIGURA 3 - Percepção da forma: ferrovia ou dragão?



FONTE: Cohen e Schnelle (1986, p.138).

LEGENDA: Figura em coloração acinzentada, contendo uma ferrovia bifurcada com os trilhos tortos. Ao fundo, uma Maria-fumaça se aproxima, podendo descarrilar a qualquer momento. À frente, uma pessoa parece estar confusa sobre o que vê.

Uma parte predominante da “forma” é construída no ambiente, nos costumes linguísticos, na opinião pública, na cultura. Assim, ao perceber a forma o indivíduo comprehende uma prontidão direcionada com características específicas, capaz de desenvolver o ‘Estilo de Pensar’ comum.

Para além, uma exemplificação a respeito da percepção compatível ao Ensino de Ciências está mostrada na FIGURA 4.

FIGURA 4- Exemplo de *Gestalt* (percepção da forma)



FONTE: Jorge e Peduzzi (2017, p. 7).

LEGENDA: Pintura que pode trazer várias interpretações, a depender do olhar treinado do observador. Próximo à imagem, percebe-se um vulto masculino, num jardim, aos “pés” de uma macieira lendo um livro de modo despretensioso. Ao afastar-se da tela, pode ser percebida o rosto de Isaac Newton. Disponível em:< <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=A+leitura+de+representa%C3%A9es+imag%C3%A9ticas+sob+a+concep%C3%A9o+de>>. Acesso em 08 de abril de 2025.

Segundo Jorge e Peduzzi (2017), há uma imensa variedade de leituras válidas pelo contemplador da Figura 4, a depender do seu ‘olhar treinado’, pois além da teoria, existe também a experiência que se dá a partir da vivência pessoal. Esta percepção pode ser trabalhada em aulas sobre História da Ciência, uma vez que em uma visão simplista de ciência, a qualquer momento uma maçã pode cair na cabeça do próprio Newton, ou ao seu lado sobre o solo, e lhe gerar um *insight* a respeito da Lei Universal da Gravidade, desencadeando uma teoria instantânea. Dessa maneira, ao contemplar a tela o observador inicial tende a ansiar pela queda da maçã e com expectativa imagina a narrativa de anedota, se este ainda não tiver uma leitura mais adequada da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC).

De acordo com Fleck, a palavra “conhecer” somente recebe significado quando compreendida no contexto de um Coletivo de Pensamento. Afinal, qual o seu significado?

¹⁸Conhecer, portanto, significa, em primeiro lugar, constatar os resultados inevitáveis sob determinadas condições dadas. Estas condições correspondem aos acoplamentos ativos, formando **a parte coletiva do conhecimento**. Os resultados inevitáveis equivalem aos acoplamentos passivos e formam aquilo que é percebido como realidade objetiva. O ato da constatação compete ao indivíduo (Fleck, 2010, p. 83, vide errata).

Os conceitos Coletivo e Estilo de Pensamento são centrais na epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010). O Coletivo de Pensamento é definido como:

¹⁸Erkennen heisst also vorerst, bei gewissen gegebenen Voraussetzungen die zwangsläufigen Ergebnisse feststellen. Die Voraussetzungen entsprechen den aktiven Koppelungen und bilden den kollektiven Anteil des Erkennens. Die zwangsläufigen Ergebnisse gleichen den passiven Koppelungen und bilden das, was als objektive Wirklichkeit empfunden wird. Der Akt des Feststellens ist Anteil des Individuums (Fleck, 1980, p. 56).

Cognition therefore means, primarily, to ascertain those results which must follow, given certain preconditions. The preconditions correspond to active linkages and constitute that portion of cognition belonging to the collective. The constrained results correspond to passive linkages and constitute that which is experienced as objective reality. The act of ascertaining is the contribution of the individual (Fleck, 1979, p. 40).

¹⁹[...] a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos, temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento. Assim, o coletivo de pensamento representa o elo que faltava na relação que procuramos (Fleck, 2010, p. 82).

A partir da perspectiva fleckiana, Schäfer e Schnelle (2010) compreendem o Coletivo de Pensamento como a unidade social da comunidade de cientistas de uma disciplina. Enquanto o Estilo de Pensamento é entendido como os pressupostos de pensamento sobre os quais o coletivo constrói seu edifício do saber. Nesse caso, subentende-se o caráter epistemológico do saber/conhecer como a condição de determinadas pressuposições de conteúdo sobre o objeto. Tornam-se produtos sociológicos e históricos de um Coletivo de Pensamento ativo.

Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007), por meio da epistemologia fleckiana, compreendem o Coletivo de Pensamento como a comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas. Ademais, cada Coletivo de Pensamento possui uma maneira singular de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com este, o qual é determinado pelo Estilo de Pensamento.

O Estilo de Pensamento pertence a um Coletivo de Pensamento e consiste em uma determinada atmosfera onde há um sentir seletivo e um agir direcionado. Este, gerará as formas de expressões para a religião, a arte ou os costumes, conforme os meios coletivos. Nesse sentido, Fleck define o Estilo de Pensamento como:

¹⁹ Definieren wir “Denkkollektiv” als Gemeinschaft der Menschen, die im Gedankenaustausch oder in gedanklicher Wechselwirkung stehen, so besitzen wir in ihm den Träger geschichtlicher Entwicklung eines Denkgebietes, eines bestimmten Wissensbestandes und Kulturstandes, also eines besonderen Denkstiles. Hiermit gibt das Denkkollektiv das fehlende Glied der gesuchten Beziehung (Fleck, 1980, p. 54-55).

If we define “thought collective” as a community of persons mutually exchanging ideas or maintaining intellectual interaction, we will find by implication that it also provides the special “carrier” for the historical development of any field of thought, as well as for the given stock of knowledge and level of culture. This we have designated thought style. The thought collective thus supplies the missing component (Fleck, 1979, p. 39).

²⁰[...]percepção direcionada em conjunção com o processamento correspondente no plano mental e objetivo. Esse estilo é marcado por características comuns dos problemas, que interessam a um coletivo de pensamento; dos julgamentos, que considera como evidentes e dos métodos, que aplica com meios do conhecimento. É acompanhado, eventualmente, por um estilo técnico e literário do sistema do saber (Fleck, 2010, p. 149).

O Estilo de Pensamento pode ser entendido como a percepção do indivíduo, o qual ocorre por meio da assimilação do que foi percebido. Assim, não existe a possibilidade de perceber de forma neutra, fora do social, uma vez que perceber implica adotar uma perspectiva. Dentro de uma comunidade, o Estilo de Pensamento recebe fortalecimento social e transforma-se em coerção na direção a determinado Estilo de Pensamento, induzindo o indivíduo a pensar como o coletivo pensa.

Como exemplo, a pessoa que é membro(a) de um Estilo de Pensamento, não apenas pensa como o grupo, mas atua de modo semelhante conforme o coletivo atua. O processo de iniciação em um Estilo de Pensamento também ocorre por meio do efeito de assimilação, assim como a introdução em uma ciência. (Fleck, 1979, 1980, 2010).

Um Estilo de Pensamento é algo que não apenas reúne o grupo em torno de um objetivo, mas imprime a marca do grupo. Ele se constitui como um modelo teórico e operativo para todos que entram nesse grupo. Desta forma, a ideia de pertencimento ao coletivo – Harmonia das Ilusões – “não é apenas algo abstrato marcado pelo pensamento, mas se estabelece a partir das práticas, ações e orientações desse grupo” (Condé, 2017, p. 79).

Condé (2017) realiza a seguinte comparação: assim como a epistemologia e a história estão intrínsecas, assim também ocorre entre o Coletivo e Estilo de Pensamento, pois estão intrínsecos. O Estilo de Pensamento surge apenas a partir de um Coletivo de Pensamento, com suas práticas, ações e pensamentos num determinado tempo histórico. O Coletivo de Pensamento é um todo organizado, que mostra a coesão do grupo, enquanto o Estilo de Pensamento “emerge” deste todo,

²⁰ Wir können also *Denkstil als gerichtetes Wahrnehmen, mit entsprechendem gedanklichen und sachlichen Verarbeiten des Wahrgenommenen, definieren*. Ihn charakterisieren gemeinsame Merkmale der Probleme, die ein Denkkollektiv interessieren; der Urteile, die es als evident betrachtet; der Methoden, die es als Erkenntnismittel anwendet. Ihn begleitet eventuell ein technischer und literarischer Stil des Wissenssystems (Fleck, 1980, p. 130).
We can therefore define *thought style as [the readiness for] directed perception, with corresponding mental and objective assimilation of what has been so perceived*. It is characterized by common features in the problems of interest to a thought collective, by the judgment which the thought collective considers evident, and by the methods which it applies as a means of Cognition. The thought style may also be accompanied by a technical and literacy style characteristic of the given system of knowledge (Fleck, 1979, p. 99).

não havendo partes isoladas. Assim, o Estilo de Pensamento enquanto propriedade emergente, é o resultado da somatória das interações, ações e práticas perpetradas, de maneira ordenada, pelos diferentes membros do Coletivo de Pensamento.

De modo simples, Fleck (1979, 1980, 2010) argumenta que sempre há um Coletivo de Pensamento quando duas ou mais pessoas trocam ideias. Caracterizam-se por coletivos momentâneos ou causais de pensamento, que aparecem ou desaparecem a cada momento. Ao trocarem ideias, as pessoas formulam pensamentos coletivos que não teriam se estivessem sozinhas ou com outras pessoas. Também, novos Coletivos de Pensamentos podem vir a surgir se aparecerem pensamentos distintos na conversa inicial. Além dos coletivos causais e momentâneos, existem os Coletivos de Pensamento estáveis que se caracterizam quando um grupo organizado socialmente existe por um tempo mais longo e, a partir dessa organização formalizada, o Estilo de Pensamento se fixa e ganha estrutura formal.

²¹Além desses coletivos causais e *momentâneos* de pensamento, há os *estáveis*, ou relativamente estáveis: formam-se, principalmente, em torno de grupos socialmente organizados. Quando um grupo maior existe por um tempo suficientemente longo, o estilo de pensamento se fixa e ganha uma estrutura formal. A execução realizadora passa a dominar sobre a predisposição criativa, que cai a um certo nível disciplinado, equilibrado e discreto. É nessa situação que se encontra a ciência atual enquanto formação específica e coletiva do pensamento (Fleck, 2010, p. 154).

De acordo com a epistemologia fleckiana, há três fatores que participam do processo de conhecimento: o indivíduo, o coletivo e a realidade objetiva (aquilo a ser conhecido), os quais são seres metafísicos e podem relacionar-se entre si. Para exemplificar, Fleck os comparou a um jogo de futebol. Neste, o indivíduo representa o jogador de futebol, o Coletivo de Pensamento é o time treinado para a partida e o conhecimento é o andamento do jogo. Nesse sentido, não haveria como analisar o andamento do jogo tendo como base apenas chutes de um único jogador, porque

²¹ Ausser solchen zufälligen und *momentanen* Denkkollektiven gibt es *stabile* oder verhältnismässig stabile: sie bilden sich besonders um organisierte soziale Gruppen. Existiert eine grössere Gruppe lange genug, so fixiert sich der Denkstil und bekommt formale Struktur. Die realisierende Ausführung dominiert über die schöpferische Stimmung, die auf ein gewisses diszipliniertes, gleichmässiges, diskretes Niveau sinkt. In dieser Situation befindet sich die gegenwärtige Wissenschaft als spezifisches, denkkollektives Gebilde (Fleck, 1980, p. 135-136).

Besides such fortuitous and transient thought collective there are stable or comparatively stable ones. These form particularly around organized social groups. If a large group exists long enough, the thought style becomes fixed and formal in structure. Practical performance then dominates over creative mood, which is reduced to a certain fixed level that is disciplined, uniform, and discreet. This is the situation in which contemporary science finds itself as a specific, thought-collective structure [denkkollektives Gebilde] (Fleck, 1979, p. 103).

desse modo, se perderia todo o contexto da partida. É necessário então, avaliar todo o sentido do jogo e valorizar o contexto de um coletivo, não apenas ações individuais.

Em relação ao Estilo de Pensamento, Fleck menciona que este conceito pode ser analisado pela percepção, ou seja, a maneira como se enxerga algo. Assim, explica o médico epistemólogo que “a coerção de pensar, o hábito de pensar, ou pelo menos uma aversão pronunciada contra qualquer pensamento alheio ao estilo de pensamento vigia a harmonia entre a aplicação e o estilo de pensamento” (Fleck, 2010, p. 156).

Nesse sentido, Fleck (2010) afirma que o Estilo de Pensamento pode ser constatado pelos efeitos práticos por meio da aplicação. Como exemplo, a diferença em que um pintor ou um pedreiro enxergam a rachadura em uma parede. No entendimento fleckiano, o pintor pensará na superfície da parede e como repará-la, já o pedreiro tenderá a pensar no conjunto da parede, na estrutura e na profundidade desta. Assim, aparecerá o Estilo de Pensamento de cada um a partir de sua atitude de aplicação.

De acordo com Condé (2018), o Estilo de Pensamento se insere em um longo contexto histórico de transformações e dessa forma, algumas ideias científicas evoluem com o passar do tempo. No entanto, essas mudanças científicas são vistas por Fleck como evolução na ciência e não como revolução científica, de perspectiva kuhniana. Ou seja, analogicamente, Fleck compara o desenvolvimento científico ao processo evolutivo, cujo processo é lento e gradativo.

O Estilo de Pensamento não é maciço, ou engessado. Podemos imaginá-lo como um objeto com porosidade, no qual pode ser penetrado por novos pensamentos, ou ações, ou práticas. Assim, o Estilo de Pensamento não traz a ideia de “incomensurabilidade”, como postula Kuhn (2011) com o conceito de mudança de paradigma.

Quanto à “incomensurabilidade”, Fleck acredita que pode ocorrer uma dificuldade de comunicação se os Estilos de Pensamento forem muito extremos um do outro. Contudo, existe uma gradativa Mutação no Estilo de Pensamento. Por exemplo, poucos conceitos novos se formam sem qualquer relação com os Estilos de Pensamentos antigos/anteriores.

Assim, os Estilos de Pensamentos podem mudar, sendo que alguma característica permanece de um estilo para outro. Portanto, estes se comportam como um processo evolutivo, sem rupturas, pois não se abandona o que havia antes, já que ocorrem Mutações desses Estilos de Pensamentos. Desse modo, Fleck (1979, 1980, 2010) comenta que a história evolutiva vem mostrar que, muitas vezes, as ideias pré-científicas primitivas geram as opiniões científicas modernas.

O pensamento sobre evolução das ideias ocorre por meio da Mutação dos Estilos de Pensamentos e, há inclusive, dentro dessas mudanças, a tendência à permanência dos sistemas de opinião. Gerando assim, as razões de permanência de certos conceitos em detrimento de outros, definida como a Harmonia das Ilusões (Fleck, 1979, 1980, 2010).

²²Cada época tem pontos de vista predominantes, resquícios do passado e atitudes do futuro, análogos a todas as estruturas sociais. Uma das tarefas mais importantes da epistemologia comparativa seria pesquisar como as concepções, as ideias pouco claras, passam de um estilo de pensamento para outro, como se mantêm como estruturas persistentes e rígidas graças a uma harmonia das ilusões. Somente através de tais comparações e pesquisas sobre as conexões é que ganhamos uma compreensão da nossa época (Fleck, 1980, p. 40-41) [Tradução nossa].

Desse modo, Fleck (1979, 1980, 2010) afirma que quando um sistema de opinião é formado e fechado, isto é, algo consistente e solidificado, este persiste e resiste contra tudo que o contradiga, visto que as concepções não são sistemas lógicos. A exemplo da química clássica e da química dos coloides. As reações coloidais são mais frequentes na natureza que as clássicas, todavia tiveram que esperar por mais tempo para serem estudadas, pois a química clássica possuía uma teoria mais enraizada, persistente ao sistema de opinião.

Um grau de intensidade da Harmonia das Ilusões, mencionado em Fleck (1979, 1980, 2010) se refere ao silenciamento de uma “exceção”. O movimento do planeta Mercúrio, como por exemplo, representou uma exceção às leis de Newton e suas hipóteses foram silenciadas. Esse movimento era conhecido pelos especialistas do século XVII, mas só se tornou útil e veio a ser citado por um público

²² Jede Epoche hat herrschende Auffassungen, Überreste vergangener und Anlagen zukünftiger, analog allen sozialen Gebilden. Eine der vornehmsten Aufgaben vergleichender Erkenntnistheorie wäre zu forschen, wie Auffassungen, unklare Ideen, von einem Denkstil zum anderen kreisen, wie sie als spontan entstandene Präideen auftauchen, wie sie sich, dank einer Art Harmonie der Täuschung als beharrende, starre Gebilde erhalten. Erst durch solches Vergleichen und Erforschen der Zusammenhänge gewinnen wir das Verständnis für unsere Epoche (Fleck, 1980, p. 40-41).

mais amplo a partir da teoria da relatividade no século XX, a qual representou uma fase de complicações para a ciência clássica.

²³Quando uma concepção penetra suficientemente num coletivo de pensamento, quando invade até a vida cotidiana e as expressões verbais, quando se tornou literalmente um ponto de vista, qualquer contradição parece ser impensável e inimaginável (Fleck, 2010, p. 70).

As teorias científicas, de acordo com Fleck (1979, 1980, 2010), atravessam duas fases: uma clássica e uma de complicações. Na clássica, somente se percebe fatos que se encaixam de maneira exata no sistema de pensamento. Já na fase de complicações, as exceções se manifestam. Nesta, de transformações de pensamentos, ocorre a fase de confusão social geral. Na fase de complicações, aparecem as rivalidades de opiniões, diferenças entre ponto de vista, contradições, falta de clareza e a impossibilidade de perceber diretamente uma forma (*Gestalt*) ou sentido (*Sinn*), possibilitando o nascimento de um novo Estilo de Pensamento.

Massoni e Moreira (2015) afirmam que para Fleck (2010), a tendência a persistência pode ocorrer em cinco etapas; sendo a primeira a forma mais resistente à mudança e a última etapa, o início da capacidade de perceber pontos de vistas diferentes. Estas podem ser compreendidas, passo a passo, como:

- 1) a contradição parece impensável, no sentido de que quando uma concepção invade um sistema de pensamento, essa se enraíza inclusive na vida cotidiana, atingindo as expressões verbais. Por este motivo, os membros da comunidade não a contradizem.
- 2) o que não cabe no sistema de pensamento permanece despercebido (fase clássica). Apenas quando as exceções ultrapassam o número de casos regulares, acabam por gerar mutações/transformações (fase de complicações).
- 3) aquilo que não cabe no sistema de pensamento é silenciado, ou seja, as exceções são silenciadas. Um exemplo: o caso do movimento do planeta Mercúrio, exceção às leis de Newton, mas útil outrora para a teoria da relatividade.

²³ Wenn eine Auffassung genug stark ein Denkkollektiv durchtränkt, wenn sie bis ins alltägliche Leben und bis in sprachliche Wendungen dringt, wenn sie im Sinne des Wortes zur Anschauung geworden ist, dann erscheint ein Widerspruch undenkbar, unvorstellbar (Fleck, 1980, p. 41).

When a conception permeates a thought collective strongly enough, so that it penetrates as far as everyday life and idiom and has become a viewpoint in the literal sense of the word, any contradiction appears unthinkable and unimaginable (Fleck, 1979, p. 28).

- 4) o sistema de pensamento é fechado, alinha-se ao Estilo de Pensamento de forma que os cientistas tendem a (re)interpretar toda a inovação de acordo com o estilo vigente.
- 5) percebem-se, representam-se e descrevem-se estados de objetos que correspondem aos pontos de vista em vigor.

A tendência a persistência vem mostrar que se estabelece uma relação de dependência entre o Fato Científico e o Estilo de Pensamento. Fleck (1979, 1980, 2010) explica que há uma predisposição para agir e sentir de acordo com o Estilo de Pensamento, o que representa um processo natural, como a evolução biológica.

A persistência ao sistema de opinião ocorre quando se quer explicar algo que se contradiz à opinião pública, pois esta possui a tendência de associar algo novo ao sistema lógico, passível de interpretação na prática. “Tal sistema fechado e em conformidade com o estilo não está imediatamente acessível a qualquer inovação: ele reinterpretará tudo conforme o estilo” (Fleck, 2010, p. 74).

Por fim, para Fleck (1979, 1980, 2010) o grau mais ativo da persistência ao sistema de opinião é formado pela criatividade, por ideias, pelos sonhos científicos realizáveis e pela fidelidade à cultura, o que nos faz entender que os cientistas não estão distanciados dos aspectos externos a Ciência, e, dessa maneira, não são neutros frente ao trabalho científico.

Assim, Fleck (1979, 1980, 2010) pontua que os cientistas possuem crenças e superstições que os impossibilitam de serem indivíduos neutros para qualquer doutrina ou sistema. Até mesmo Kepler ou Newton, que muito contribuíram para a ciência moderna, não descartaram os pensamentos teológicos na construção das suas teorias científicas. Inclusive, alguns cientistas mecanicistas do século XVII, como Descartes, levaram em consideração “Deus” na qualidade de causa primária e universal do movimento (Garber, 2001). Em outras palavras, Kepler, Newton e Descartes não realizaram separação entre ciência e fé. Vale lembrar que Newton não era um “cientista” e sim um filósofo natural, pois a sua época não se fazia separação entre a metafísica e a ciência exata.

Fleck (1979, 1980, 2010) cita o exemplo de físicos que aderiram ao Estilo de Pensamento religioso ou ao espiritismo. Como os Estilos de Pensamento estão separados um do outro, não lhes causa contradição psíquica, pois determinadas configurações são consideradas questões de fé, outras questões do saber, porém

ambas questões não se influenciam. É mais frequente que uma pessoa participe de alguns coletivos muito divergentes um do outro do que de coletivos afins. Fleck afirma também que um mesmo indivíduo pode pertencer a vários Coletivos de Pensamentos e a poucos Estilos.

O médico polonês comenta que a história da sífilis deixou claro que “todo trabalho científico é trabalho coletivo” (Fleck, 2010, p. 84). Nesse sentido, um indivíduo é influenciado pelo Estilo de Pensamento, que exerce papel coercitivo no pensamento do autor do conhecimento, ainda que não haja consciência. Desse modo, qualquer contradição ao Estilo de Pensamento, torna-se impensável.

²⁴Em primeiro lugar, aquilo que pensa no homem [e na mulher] não é ele [ela], mas sua comunidade social. A origem de seu pensamento não está nele [nela], mas no meio social onde vive, na atmosfera social na qual respira, e ele [ela] não tem como pensar de outra maneira a não ser daquela que resulta necessariamente das influências do meio social que se concentram no seu cérebro (Fleck, 2010, p. 89-90, parênteses adicionados).

Logo, o processo de construção do conhecimento humano depende de condições sociais. Os pensamentos dentro de uma comunidade circulam, são lapidados, alterados, reforçados ou suavizados e irão influenciar outros conhecimentos, opiniões, conceitos e hábitos de pensar.

Apesar da tendência a persistência, como as mudanças fundamentais no Estilo de Pensamento são possíveis?

Schäfer e Schnelle (2010), respondem essa indagação afirmando que os especialistas do Círculo Esotérico de um Coletivo de Pensamento também serão membros de outros coletivos. Contudo, em outros coletivos tais membros farão parte do Círculo Exotérico, algumas vezes serão leigos informados, em outros apenas leigos. Por estas participações nos Círculos Exotéricos, irão trazer um deslocamento, ou uma alteração de valores de pensamento para o Círculo Esotérico especializado. Dessa forma, a comunicação (a linguagem) entre os membros do Círculo Esotérico

²⁴ Denn erstens, was im Menschen denkt, das ist gar nicht er, sondern seine soziale Gemeinschaft. Die Quelle seines Denkens liegt gar nicht in ihm, sondern in der sozialen Umwelt, in der er lebt, in der sozialen Atmosphäre, in der atmet, *und er kann nicht anders denken als so*, wie es aus den in seinem Hirn sich konzentrierenden Einflüssen der ihn umgebenden sozialen Umwelt mit Notwendigkeit sich ergibt (Fleck, 1980, p. 63-64).

What actually thinks within a person is not the individual himself but his social community. The source of his thinking is not within himself but is to be found in his social environment and in the very social atmosphere he 'breathes'. His mind is structured, and necessarily so, under the influence of this ever-present social environment, and *he cannot think in any other way* (Fleck, 1979, p. 47).

irá propiciar um afrouxamento no sistema de opinião, o que pode resultar em futura transformação no Estilo de Pensamento.

Cada cientista, além de pertencer ao seu coletivo específico de pensamento, faz parte do coletivo universal exotérico do mundo cotidiano da vida; de um modo geral, contudo, ele costuma ser membro ainda de outros coletivos científicos e não científicos de pensamento. Essas orientações concorrentes dos indivíduos não podem simplesmente ser descartadas no trabalho científico. Pelo contrário: também entram no tráfego de pensamento do coletivo. É desse processamento de informações entre os membros do coletivo que resultam as tendências à mudança do estilo de pensamento (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 27-28).

Segundo Fleck (2010), em torno da estrutura geral do pensamento coletivo, forma-se um Círculo Esotérico (de especialistas) circunscrito em um Círculo Exotérico, maior em número de participantes. Nesse contexto, o Coletivo de Pensamento consiste em vários desses círculos que se sobrepõem, podendo o mesmo indivíduo pertencer a diversos Círculos Exotéricos e a pouco Círculo Esotérico.

²⁵Essa estrutura universal do coletivo de pensamento consiste no seguinte: em torno de qualquer formação do pensamento, seja um dogma religioso, uma ideia científica ou um pensamento artístico, forma-se um pequeno círculo esotérico e um círculo exotérico maior de participantes do coletivo de pensamento. Um coletivo de pensamento consiste em muitos desses círculos que se sobrepõem, e um indivíduo pertence a vários círculos exotéricos e a poucos círculos esotéricos (Fleck, 2010, p. 157).

O Círculo Esotérico pode ser entendido como a dimensão dos especialistas, a área especializada. Nesta, circula o Estilo de Pensamento, bem como o Coletivo de Pensamento, o que possibilita as Circulações de Pensamento Intra e Intercoletiva. E ainda, o Círculo Exotérico está fora do Círculo Esotérico, funcionando como num sistema de Coletivo de Pensamento. Dessa forma, o Círculo Exotérico representa a “opinião pública”, isto é, a massa de pessoas não especializada em determinada área. Como não circula o Estilo de Pensamento a coerção de pensamento será

²⁵ Diese allgemeine Struktur des Denkkollektivs besteht darin: Um jedes Denkgebilde, sei es ein Glaubensdogma, eine wissenschaftliche Idee, ein künstlerischer Gedanke, bildet sich ein kleiner esoterischer und ein grösßerer exoterischer Kreis der Denkkollektivteilnehmer. Ein Denkkollektiv besteht aus vielen solchen sich überkreuzenden Kreisen, ein Individuum gehört mehreren exoterischen Kreisen und wenigen, eventuell keinem esoterischen an (Fleck, 1980, p. 138).

The general structure of a thought collective consists of both a small esoteric circle and a larger exoteric circle, each consisting of members belonging to the thought collective and forming around any work of the mind [Denkgebilde], such as a dogma of faith, a scientific idea, or an artistic musing. A thought collective consists of many such intersecting circles. Any individual may belong to several exoteric circles but probably only to a few, if any, esoteric circles (Fleck, 1979, p. 105).

maior no Círculo Exotérico. Indivíduos particulares são veículos de comunicação de Coletivo e Estilo de Pensamento, por essa razão um indivíduo pode pertencer a vários Círculos Exotéricos e a poucos Círculos Esotéricos (Fleck, 2010).

O Círculo Exotérico desenvolverá formação de pensamento através das intermediações que ocorrem entre os iniciados do Círculo Esotérico. Contudo, os iniciados não são totalmente independentes, pois dependem da opinião pública do Círculo Exotérico. Desse modo, fecha-se o Estilo de Pensamento e sua decorrente tendência à persistência, visto que um círculo sustenta a formação do pensamento um do outro (Fleck, 2010).

²⁶A relação da maioria dos participantes do coletivo de pensamento com as formações do estilo de pensamento reside, portanto, na confiança nos iniciados. Mas até esses iniciados não são, de maneira alguma, independentes: dependem mais ou menos, de maneira consciente ou inconsciente, da “opinião pública”, isto é, da opinião do círculo exotérico. Dessa maneira surge, de modo geral, o fechamento interno do estilo de pensamento e sua tendência à persistência (Fleck, 2010, p. 157).

Fleck também destaca a iniciação dos recém-chegados num Estilo de Pensamento no interior de um Coletivo de Pensamento. Massoni e Moreira (2015) comentam que na concepção fleckiana sobre a evolução da ciência está relacionada à estrutura do Coletivo de Pensamento, que tem em si um Estilo de Pensamento influenciado pelo caráter histórico do desenvolvimento das ideias e conceitos. Dessa forma, Fleck “sugere que uma melhor compreensão dessa estrutura é facilitada pela análise da forma como se dá a inserção dos jovens cientistas na comunidade científica” (Massoni; Moreira, 2015, p. 239).

Por exemplo, um jovem cientista ao ingressar num curso de ensino superior começa a ser formado no Estilo de Pensamento daquele Coletivo, seja pela leitura dos manuais, pela influência de pesquisadores mais experientes na área ou de professores, participação em grupos de pesquisa e participação em eventos científicos. O Estilo de Pensamento, no entanto, não é rígido, mas possui muita

²⁶ Die Beziehung der Mehrzahl der Denkkollektivteilnehmer zu den Gebilden des Denkstiles beruht also auf Vertrauen zu den Eingeweihten. Doch auch diese Eingeweihten sind keineswegs unabhängig: sie sind mehr oder weniger – bewusst oder unbewusst – von der “öffentlichen Meinung”, d. h. der Meinung des exoterischen Kreises abhängig (Fleck, 1980, p. 139).

Thus most of the members of the thought collective are related to the works produced by the thought style [Gebilde des Denkstiles] only through trusting the initiated. But the initiated are by no means independent. They are more or less dependent, whether consciously or subconsciously, upon “public opinion”, that is, upon the opinion of the exoteric circle. This is generally how the intrinsic self-containment of the thought style with its inherent tenacity arises (Fleck, 1979, p. 105).

porosidade, o que possibilita a permeabilidade de pensamento. Consequentemente, como afirmam Schäfer e Schnelle (2010), o processamento de informações entre os membros do coletivo resulta nas tendências às mudanças do Estilo de Pensamento.

De acordo com Fleck (2010), as relações entre Círculos Esotéricos com seus Círculos Exotéricos são conhecidas da sociologia como a relação entre a elite e a massa. Assim, quando a massa tem maior força que a elite, observa-se a formação da democracia, com desenvolvimento de ideias e progresso. No entanto, quando a elite tem maior poder que a massa, ocorre um distanciamento do Círculo Esotérico em relação à massa, o que faz gerar o dogmatismo, conservadorismo e enrijecimento. Compreendemos que um possível afastamento da ciência especializada acarretará desconfiança da população com relação a ciência, gerando o negacionismo antivacina, por exemplo. A ciência precisa da opinião pública para o fortalecimento de pensamento. Em termos do saber, o Círculo Esotérico representa o saber especializado, enquanto o Círculo Exotérico remete ao saber popular. Dessa maneira, forma-se o Tráfego Intracoletivo de Ideias, uma circulação de pensamentos entre esses saberes.

Nesse sentido, Fleck argumenta que indivíduos particulares, pertencentes ao mesmo Coletivo de Pensamento, podem trocar pensamentos de forma a se fortalecerem entre si por meio do Tráfego Intracoletivo de Ideia. É o caso da relação professor e aluno, onde há “uma relação de subordinação mental pronunciada”, representado pela relação entre elite e multidão (Fleck, 2010, p. 85). Nesta relação, encontramos uma dependência intelectual recíproca entre os indivíduos e uma atmosfera comum.

²⁷Todo tráfego de pensamento intracoletivo (intrakollektiven Denkverkehr), portanto, é dominado por um sentimento específico de dependência. A estrutura geral do coletivo de pensamento faz com que o tráfego

²⁷ Jeden intrakollektiven Denkverkehr beherrscht also ein spezielles Abhängigkeitsgefühl. Die allgemeine Struktur des Denkkollektivs bringt es mit sich, dass der intrakollektiven Denkverkehr *ipso sociológico facto – ohne Rücksicht auf den Inhalt und die logischem Berechtigung – zur Bestärkung der Denkgebilde führt*: Vertrauen zu den Eingeweihten, deren Abhängigkeit von der öffentlichen Meinung, gedankliche Solidarität Gleichgestellter, die im Dienste derselben Idee stehen, sind gleichgerichtete sozialen Kräfte, die eine gemeinsame besonderen Stimmung schaffen und den Denkgebilden Solidität und Stilgemässheit in immer stärkerem Masse verleihen (Fleck, 1980, p. 140). A special feeling of dependence therefore dominates all communication of thought within a collective. The general structure of a thought collective entails that the communication of thought within a collective, irrespective of content or logical justification, should lead for sociological reasons to the corroboration of the thought structure [Denkgebilde]. Trust in the initiated, their dependence upon public opinion, intellectual solidarity between equals in the service of the same idea, are parallel social forces which create a special shared mood and, to an ever-increasing extent, impart solidity and conformity of style to these thought structure [Denkgebilde] (Fleck, 1979, p. 106).

intracoletivo de pensamento- pelo fato sociológico em si, sem consideração pelo conteúdo e pela legitimação lógica- leva ao fortalecimento das formações de pensamento (Denkegebilde): a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum específica, proporcionando às formações de pensamento solidariedade e adequação ao estilo numa medida cada vez maior (Fleck, 2010, p. 158).

No Tráfego Intracoletivo de Ideia, a circulação de pensamento ocorre do Círculo Esotérico (especialistas) para o Círculo Exotérico (massa), representando em certa medida uma coerção de pensamento. Também é possível ocorrer circulação de ideias entre o Círculo Exotérico, leigo informado, para Círculo Exotérico, leigo. Logicamente, o conhecimento circulado do círculo exo-exo terá a característica de simplificação, plasticidade, e a popularização das ideias fortalecerá a produção de conhecimento no núcleo especializado, isto é, no Círculo Esotérico. Nessas circulações de ideias, dentro do mesmo Coletivo de Pensamento, pressupõem-se o fortalecimento de um determinado Estilo de Pensamento (Fleck, 2010).

Já no Tráfego Intercoletivo de Ideias, conforme Fleck (2010), a circulação de pensamentos ocorre entre Estilos de Pensamentos muito próximos.

²⁸[...] qualquer tráfego intercoletivo de pensamentos traz consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento. Do mesmo modo que a atmosfera (*Stimmung*) comum dentro do coletivo de pensamento leva a um fortalecimento dos valores de pensamento, a mudança de atmosfera durante a migração intercoletiva provoca uma mudança desses valores em toda sua escala de possibilidade: da pequena mudança matizada, passando pela mudança completa do sentido até a aniquilação de qualquer sentido (Fleck, 2010, p. 161).

Chamando a atenção para as características do Tráfego de Pensamento Intercoletivo, Fleck (2010) pontua que, quanto maior a diferença entre os dois Estilos de Pensamento, tanto menor o tráfego de pensamentos. O Tráfego Intercoletivo de

²⁸ Man kann also kurz sagen, jeder interkollektive Gedankenverkehr habe eine Verschiebung oder Veränderung der Denkwerte zur Folge. So wie gemeinsame Stimmung innerhalb des Denkkollektives zur Bestärkung der Denkwerte führt, ruft Stimmungswechsel während der interkollektiven Gedankenwanderung eine Veränderung dieser Werte in einer ganzen Skala der Möglichkeiten hervor: vom kleinen Färbungswechsel über fast vollständigen Sinnwechsel bis zur Vernichtung jedes Sinnes (Fleck, 1980, p. 143-144).

In summary, the intercollective communication of ideas always results in a shift or a change in the currency of thought. Just as the shared mood within a thought collective leads to an enhancement of thought currency, so does the change in mood during the intercollective passage of ideas produce an adjustment in this cash value across the entire range of possibilities, from a minor change in coloration, through an almost complete change of meaning, to the destruction of all sense (Fleck, 1979, p. 109-110).

Ideias traz consigo uma alteração dos valores de pensamento, envolvendo mudanças pequenas ou até mesmo completas, gerando alteração no Estilo de Pensamento. A mudança do Estilo de Pensamento, por sua vez, altera a percepção direcionada (*Gestalt*). Assim, ao criar-se fatos novos, surgem novas possibilidades. Esse é o significado epistemológico mais importante do Tráfego Intercoletivo de Ideias. Ou seja, a circulação de pensamento intercoletiva gera mudança fundamental.

Fleck (1979, 1980, 2010) apresenta muitos exemplos a respeito das circulações de pensamento, uma vez que os indivíduos (membros) são responsáveis pelos veículos de comunicação dentro dos Coletivos e Estilos de Pensamentos. Desse modo, são citadas exemplificações na sociedade; como na moda, onde existe a coerção de pensamento da elite para a massa. Ou seja, um grupo pequeno de especialistas (Círculo Esotérico) irá “ditar” a moda (coerção de pensamento do tipo violenta) numa espécie de imposição do Estilo de Pensamento a multidão (Círculo Exotérico).

Contudo, o médico e microbiologista polonês reconhece que não construiu uma teoria do conhecimento acerca dos conceitos de Tráfegos Intra e Intercoletivo de Ideias, sendo que esses conceitos foram apresentados em situações fragmentadas para explicar em termos práticos como acontecem as circulações de pensamentos dentro dos Coletivos e Estilos de Pensamento. Dessa maneira, podem ocorrer interpretações imprecisas e opiniões divergentes entre os pesquisadores, como as críticas de De Souza e Martins (2021) a Souza e Aires (2020). Por esta razão, é necessária maior abrangência e divulgação da epistemologia de Fleck, aplicados na Educação em Ciências, a fim de discutir o uso dos conceitos fleckianos no Ensino de Ciências Naturais de maneira mais eficiente.

3 A HISTÓRIA, FILOSOFIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA NUMA PERSPECTIVA FLECKIANA: CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Neste capítulo é apresentada a abordagem da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) à luz da perspectiva fleckiana, direcionada ao Ensino de Ciências. É dada ênfase à epistemologia da ciência no ensino, em especial as possíveis contribuições da epistemologia de Ludwik Fleck para a área em Educação em Ciências. A seguir, é apresentada uma breve revisão sobre a História da Ciência no Ensino de Ciências, a qual contempla exemplos de episódios históricos. Após, expõem-se os aspectos da historiografia da ciência, que retrata o embate internalismo *versus* externalismo e a solução por meio da historicidade da ciência, cujo destino deu luz às epistemologias de Thomas Kuhn e, o (re)encontro, de Ludwik Fleck. Por fim, o capítulo encerra com uma apresentação do que consideramos ser o diferencial da epistemologia fleckiana para analisar a construção da ciência.

O anseio por responder “por que Fleck e não outro epistemólogo?” nos acompanha desde a ocasião da defesa da dissertação de mestrado. Dessa maneira, acreditamos que a resposta foi contemplada ao final deste capítulo.

O Ensino de Ciências Naturais (Química, Física, Biologia, Geociências), segundo Matthews (1995), se desenvolveu sem estar associado a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) e esta separação, por sua vez reflete uma crise do ensino contemporâneo de ciências (referente ao final do século XX), a qual é evidenciada pelos altos índices de analfabetismo científico (tendo como base a ciência ocidental).

Diversos estudos em HFSC evidenciam que essa área pode dar respostas para esta crise na Educação em Ciências. Como exemplo, o seu ensino possui a possibilidade de humanizar as ciências, aproximando-a aos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da sociedade, do mesmo modo que é capaz de tornar a ciência mais desafiadora e reflexiva, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico. A HFSC é capaz de contribuir para a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), no sentido de promover significação e sentido às aulas de ciências e podem evidenciar também melhoria na formação do professor, contribuindo para um Ensino de Ciências mais autêntico e mais crítico (Matthews, 1995; Martins, 2007).

De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), uma pessoa alfabetizada científicamente é capaz de tomar decisões no dia a dia, pois conhece os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas, sendo capaz de integrar valores e aplicá-los no cotidiano. Outro ponto importante é referente à instrumentalização, na qual o indivíduo consegue falar sobre as ciências e suas ideias. Além dos aspectos científicos, a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) auxilia no discernimento das influências e controle da sociedade sobre a ciência e suas tecnologias.

Em termos práticos, podemos citar o exemplo de uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente, nos nossos dias, aquela que entende a ciência como campo de conhecimento e comprehende a prevenção de doenças por meio da vacinação. Nesse sentido, o Ensino de Ciências não pode dizer ao sujeito como agir, contudo, pode dar suporte de como o indivíduo pode resolver situações-problemas. A ciência também pode ajudar os sujeitos no desenvolvimento de argumentações de temáticas a serem utilizadas em suas vidas, tais como “aquecimento global” e “mudanças climáticas”, cujas consequências podem refletir na sua realidade, como as ondas de calor no verão ou chuvas acima da média e enchentes no outono. Haja vista, o caso das enchentes no Rio Grande do Sul, em maio de 2024. Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente irá compreender, inclusive, a importância de não votar em políticos negacionistas da ciência.

Sasseron e Carvalho (2011) ainda esclarecem que a ACT permite às pessoas uma formação cultural, isto é, a cultura científica, pois proporciona conhecimentos que levem esta pessoa a perceber quais as implicações de uma teoria. Também possibilita a compreensão do caráter humano e social do fazer científico, de modo que se consiga distinguir resultados científicos de opinião pessoal, bem como o entendimento de que o saber científico é provisório e sujeito às mudanças. A HFSC é uma das bases da ACT, juntamente com a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a aprendizagem de conceitos científicos.

Ademais, Silva e Sasseron (2021) defendem a promoção da ACT no Ensino de Ciências na premissa de justiça social, que visa a ampla divulgação do conhecimento científico. Para isso, faz-se necessária a seleção de temas que estude as ciências e sua complexidade. Assim, deve-se dar prioridade a transformação social, capaz de contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e democrática. Nesse sentido, o ensino não pode se limitar à transmissão de

conteúdos, mas deve fomentar o desenvolvimento de uma consciência crítica que permita aos estudantes compreenderem e intervirem em questões sociais, ambientais e políticas que os afetam diretamente. Tendo em vista, as crises políticas e ambientais presentes nos nossos dias, especialmente após a crise sanitária do COVID-19.

Desse modo, ao considerar os domínios do conhecimento científico: conceituais, epistêmico, material e cultural, apresentados por Silva e Sasseron (2021), a perspectiva da epistemologia de Fleck (2010) pode concomitantemente contribuir na compreensão das práticas sociais do empreendimento científico. Em especial, à junção dos fatores internalistas da ciência e externalistas que influenciam o processo de construção do conhecimento.

Em termos de documentos oficiais, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) organiza competências e habilidades para a disciplina de Ciências da Natureza, com ênfase para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental. Prioriza-se as abordagens: Matéria e Energia; Vida, Evolução e Cosmos. Embora não haja especificidade para a abordagem em HFSC neste documento, há menções em torno da contextualização, que dialoga tanto com a HFSC como com a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (Brasil, 2018; Sasseron, 2018).

Em relação à contextualização histórica, na BNCC ocorre a preocupação de ensino sobre o processo de construção do conhecimento científico, e não necessariamente ênfases em datas, fatos isolados ou “descobertas”. Assim, sugere-se a contextualização social, histórica e cultural da Ciência e Tecnologia (C&T) (Brasil, 2018).

A contextualização ganhou significado a partir das salas de aulas, perpassando a atividade docente, diante do objetivo de ensinar conteúdo científico, ao relacionar conceitos com as atividades do dia a dia dos estudantes. No entanto, a proposta de contextualização por meio de exemplificação não requer ordens cognitivas superiores, baseando-se apenas no senso comum (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Nesse sentido, não há sugestões de como trabalhar a contextualização no Ensino de Ciências pelo documento oficial, todavia a presente pesquisa defende o uso de atividades de esforços cognitivos mais diligentes. Como por exemplo, por

meio da utilização de temas e problematização, visando apresentações das implicações sociais, ambientais e políticas em torno do conceito de C&T.

Uma possível proposta de Ensino de Química contextualizada, que contemple ambas as abordagens, HFSC e CTS, é o tema “agrotóxicos”. Nessa temática, podem ser trabalhados tanto conceitos químicos como contextos históricos. A exemplo, o uso descontrolado do DDT (dicloro difenil tricloroetano) durante a Segunda Guerra, críticas delatadas no livro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson (2015). Nesta temática, também pode ser abordada a questão de desigualdade de gênero envolvendo tal autora ao realizar denúncias da toxicidade dos agrotóxicos e seus impactos ao meio ambiente.

Assim, conciliar a História da Ciência com CTS, seja por meio de temas (sociais), ou por Episódios Históricos auxilia a compreensão de concepções mais adequadas sobre a C&T. Além disso, contribui para a promoção da ACT, o que pode gerar visões mais reais a respeito das atividades científicas. A exemplo de Souza e Aires (2024e), onde é apresentado um relato de experiência docente proveniente de Prática de Docência, com a junção das duas abordagens, HFSC e CTS. O intuito, por sua vez, é gerar contribuição para a área de Educação em Ciências, pois é necessário que futuros professores de química reflitam de maneira crítica a ciência que ensinarão na educação básica.

Para além, como sugestão de contextualização histórica e filosófica da química, a ser conciliado ao Ensino de Química, indica-se a contextualização de Fatos Científicos. Desse modo, ensina-se como esses fatos foram elaborados, construídos e articulados dentro de um Coletivo e Estilo de Pensamento (ou dentro da comunidade científica). Como exemplos: a teoria do flogisto *versus* a teoria da combustão de Antonie-Laurent Lavoisier (1743-1794) ou a evolução dos modelos atômicos ou ainda o Episódio Histórico do antiatomismo, o qual contém um viés filosófico em relação ao realismo *versus* não realismo na ciência.

Ademais, Matthews (1995, 2012) defende que os conteúdos científicos precisam ser apresentados no Ensino de Ciências de maneira contextualizada, favorecendo compreensões de Características da Ciência, como a provisoriaidade do conhecimento científico.

[...] há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo

etc.; demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que se opõem a ideologia científica; e, finalmente, a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (Matthews, 1995, p.172).

O conhecimento científico está em constante transformação, por meio de hipóteses transitórias. Vidal e Porto (2012) consideram que as abordagens fundamentais na história da ciência não podem solucionar todos os problemas do Ensino de Ciências, contudo, funcionam como um potencial didático para compreensão das disciplinas científicas.

Gil-Pérez *et al.* (2001) afirmam que se o indivíduo tem uma leitura histórica, filosófica e sociológica da ciência, este consegue superar visões pouco elaboradas sobre o trabalho científico. Desse modo, a HFSC contribui para compreensão dos processos de construção do conhecimento científico, não apenas os produtos como geralmente são apresentados no Ensino Tradicional de Ciências.

A abordagem HFSC se opõem a concepção de ciência como única detentora da verdade. Na última década do século XX, Matthews (1995) sugeriu que seria adequado que os alunos se apropriassem da NdC, ou seja, do conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico. Dessa forma, seria possível abranger além das questões internas, como o método científico, às externas, como as influências de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou até mesmo na rejeição de ideias científicas.

Todavia, atualizando, Matthews (2012) considera um refinamento histórico e filosófico quanto a terminologia de NdC para “Características da Ciência” (*Features of Science*). Nesta concepção, sugerem-se abordagens a serem elaboradas, discutidas e questionadas em sala de aula considerando outros aspectos, como: base empírica; teorias e leis científicas, criatividade, dependência da teoria, integração cultural, método científico, provisoriade, experimentação, modelos, realismo. Ou seja, propõem-se a articulação entre o ensino dos produtos da ciência (leis, teorias, método etc.) com temáticas atuais presentes na mídia, tais como as mudanças climáticas. Inclusive, temos o exemplo da 30^a Conferência das Nações Unidas Sobre Mudança Climática (COP30), sediada em Belém, no Pará, em 2025.

Outras características da ciência são exibidas diariamente em jornais, televisões e na Internet, onde relatos de debates socio científicos e de valor tecnológicos sobre genética, agronegócio, alterações climáticas, culturas geneticamente modificadas, aquecimento global etc. (Matthews, 2012, p. 16).

Nesse sentido, não fugindo às compreensões da ciência, Hidalgo e Lorencini Jr. (2016) afirmam que a HFSC possui capacidade para promover um ensino “em” e “sobre” ciências, sendo o primeiro relacionado aos aspectos internos da produção da ciência, como as leis e teorias científicas. Por sua vez, o ensino “sobre” a ciência envolve os aspectos externos, tais como as influências políticas, sociais, culturais e a epistemologia da ciência (ao tratar-se sobre a construção do conhecimento científico), sendo fundamental para o Ensino de Ciências apresentar quais fatores externos os cientistas estão inseridos (Marko; Pataca, 2019).

Dentro do estudo da HFSC, a compreensão da NdC é fundamental para a formação tanto de alunos como de professores mais críticos e participativos na sociedade em que vivem. Inclusive, Marko e Pataca (2019) destacam que a importância da HFSC para professores está na necessidade de construção de visões mais elaboradas sobre a ciência, a partir de posicionamentos críticos, por exemplo a necessidade de superar a visão de ciência neutra e dogmática.

Além disso, Reis (2006) salienta que se a NdC não for valorizada nos currículos, os alunos vão continuar aprendendo ciências de maneira descontextualizadas. Todavia, mudanças práticas, nesse aspecto, não dependem apenas dos currículos, mas sim da formação dos professores. Estes, muitas vezes não possuem a compreensão sobre a NdC ou ainda, estão ligados fortemente a uma cultura de tradição transmissiva de fatos ou produtos da ciência, negligenciando a maneira como o conhecimento científico é construído.

Desse modo, a HFSC forma um caminho para discussão da NdC, pois evidencia contextualização da ciência e a construção do conhecimento científico. Assim podem ser destacadas suas aproximações, pois a história promove melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos. Contrapondo-se desse modo, ao cientificismo e ao dogmatismo que são comumente encontrados em textos científicos e nas aulas de Ciências. Por meio do contexto histórico, a história da ciência humaniza os cientistas. A história pode promover a interdisciplinaridade, além de fornecer a natureza integradora e independente das conquistas humanas (Moura, 2014).

Corroborando aos autores expostos, trazer humanização às aulas de ciências, especialmente às ciências exatas, é apresentar aos estudantes a presença de crenças pessoais, da criatividade, das existências de anseios ou medos por parte dos cientistas, principalmente na maneira de se fazer ciência. Nesse sentido, humanizar é possibilitar a capacidade de transformar a ciência em realidade, onde o estudante consiga se imaginar construindo o conhecimento. A exemplo de Einstein que se imaginava viajando por dentro do fóton e, por meio desta capacidade criativa, conseguiu pensar na relatividade (sob diversas perspectivas).

Como professores de química, podemos também usar nossa criatividade e nos imaginar viajando junto ao elétron quando é formada uma ligação química, ou ao entrar num mecanismo da reação. Desse modo, poderemos compreender melhor as “preferências” do elétron. Além de mostrar a humanização na produção do conhecimento, é possível diminuir a complexidade abstrata dos conceitos químicos (evitando, claro, os obstáculos epistemológicos).

Diante destas perspectivas, por que escrever sobre a História da Ciência?

Defendemos a importância da História da Ciência no Ensino, uma vez que esta contribui para compreensões sobre a NdC na formação de estudantes. Além disso, Moura (2014, 2024) menciona que a História da Ciência nos ajuda a compreender que a ciência é produzida por pessoas reais, com sentimentos, que podem acertar ou falhar nas suas vidas. Por exemplo, Isaac Newton (1643-1727), que possui um grande legado na física clássica, contribuiu no registro das leis da física e no desenvolvimento da mecânica e da óptica, também apresentou interesses em áreas como a alquimia e a teologia. Então, o mesmo Newton que se debruçou a entender a física, também tentou juntar dois livros proféticos da Bíblia (Daniel e Apocalipse), assuntos distantes à ciência naturais, atribuídos à fé.

Dessa maneira, de acordo com Moura (2024), para entender o pensamento newtoniano não podemos separar o “Newton físico” do “Newton alquimista”, ou, ainda, do “Newton teólogo”. Desse modo, conhecer a ciência por meio da História da Ciência faz-se ao se associar tanto as obras de física como os pensamentos de Newton nas diversas áreas de seu interesse. Isto é humanizar as ciências.

E mais, dentro dessa temática, Matthews (2012, p. 16) sugere uma indagação acerca de visões de mundo e religião, sendo esta: “a crença religiosa de Newton afetou sua ciência?”.

Segundo Loguercio e Del Pino (2006), é necessário que o professor conheça profundamente a matéria a ser ensinada, não apenas o conteúdo, mas também aspectos metodológicos, a História da Ciência, das interações de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Por exemplo, supõem-se que o professor mostre a ciência como uma construção humana, coletiva, fruto do trabalho de várias pessoas e não apenas de um indivíduo, com intuito de evitar uma ciência feita por gênios. Assim, Mendel, Darwin, Pasteur ou Einstein, deixam de ser “gênios” brilhantes da humanidade e passam a ser ‘humanos’ de carne e osso, os quais possuem dificuldades, problemas a resolver e enfrentam medos. Junto a estes cientistas houve contextos econômicos, políticos, sociais, culturais, além de contextos científicos que foram determinantes na produção do conhecimento.

Como exemplo, Hessen (1971) menciona uma análise da gênese e desenvolvimento do trabalho de Newton no período em que este filósofo natural viveu. Um período da guerra civil inglesa, resultando na maior produção da economia, da física e da tecnologia na Inglaterra, a pátria de Newton. O aumento do interesse nas ciências naturais ocorreu devida desintegração da economia feudal, e, consequentemente, o aumento do capital mercantil nas relações marítimas internacionais e na indústria pesada, como na mineração. Por meio do desenvolvimento do capital mercantil, rompeu-se o isolamento entre cidade e campo, aumentando o ritmo das transações comerciais sendo necessário estudar os transportes marítimos. Desse modo, houve o aperfeiçoamento nas qualidades de flutuações dos barcos e dos navios de guerra. Houve assim, o desenvolvimento da hidrostática com as leis fundamentais que governam a flutuação dos corpos em líquidos. E ainda, o estudo da hidrodinâmica com as leis que governam o movimento dos corpos em líquidos. Toda a física relacionada à mecânica (hidrostática e hidrodinâmica), além do aporte em relação à mineração uma vez que era essencial bombas de sucção para a mineração.

Dessa maneira, pode-se perceber por Hessen (1971) que Newton estava preocupado com os problemas físicos e técnicos de seu tempo e local. Numa carta endereçada a Newton, Francis Aston, em 1669, pede instruções ao filósofo natural sobre como aproveitar melhor sua viagem de exploração pelos países continentais e pela Europa. E Newton o aconselhou a observar:

- 1) os mecanismos de direção e os métodos de navegação dos navios;

- 2) as fortalezas, construção, solidez, suas defesas e organização militar;
- 3) estudar as riquezas naturais dos vários países;
- 4) metais e minerais; método de extração e purificação, como era realizada a extração do ouro a partir da água dos rios.

Em síntese, tudo que envolvia transporte, comércio, indústria e questões militares. Incluindo a alquimia relacionada à produção de bens, com estudo dos métodos de transformar um metal em ouro, ferro em cobre, ou qualquer metal em mercúrio. Ou seja, os aspectos externos (interesses econômicos) estiveram envolvidos no desenvolvimento da ciência newtoniana.

Podemos perceber pela obra de Hessen (1971), que Newton como cidadão inglês, fiel à coroa inglesa, trabalhou em prol de benefícios econômicos para sua nação. Seus interesses pessoais coincidiram aos interesses econômicos e políticos de sua época e Estado. Vale ressaltar, que ocorreu naquele período histórico a colonização da Inglaterra a outros países e o decorrente desenvolvimento da hidrostática e hidrodinâmica para aperfeiçoamento das embarcações fizeram parte deste sistema. Além disso, a busca por recursos minerais impulsionou a indústria de mineração e o interesse à alquimia.

Uma pesquisa em História da Ciência, envolvendo “O Papel de Newton na Alquimia” foi apresentado à Sociedade Brasileira de História da Ciência (Souza; Silva; Aires, 2022). Posteriores reflexões a respeito do pensamento newtoniano na relação entre ciência e fé, bem como as razões de suas bem-sucedidas produções científicas, fazem sentido para a historiografia, gerando sentido também no seu ensino. Por estas razões, apresentar a História da Ciência contextualizada tem grande potencialidade para compreensão da NdC.

Ao se olhar para a História da Ciência, conforme Gurgel (2020), algum ou outro contexto pode ser predominante, sendo necessário considerar quais contextos estarão presentes no planejamento de ensino, se o científico, intelectual, cultural, social, político e/ou econômico. Como exemplo, ao se estudar a história das máquinas térmicas o contexto econômico predominou. Já os esforços para compreensão conceituais da fissão nuclear e posterior produção da bomba atômica, passaram pelo contexto histórico da Segunda Guerra. Ou seja, na historiografia da ciência pode-se valorizar diversos contextos, no sentido pluralista de ensino, ou dar-se mais valor a um contexto em detrimento do outro.

Em relação ao Ensino de Química, Kavalek *et al.* (2015) apresentam algumas dificuldades, incertezas, desafios e críticas ao ensino que prioriza a memorização de fórmulas e que reforçam teorias descontextualizadas. Tais autores discutem sobre a necessidade de debater aspectos da filosofia da química, a qual é capaz de oferecer subsídios teóricos para compreensão de modelos, leis, teorias e representações para a Ciência Química.

Segundo Kavalek *et al.* (2015), o Ensino de Química reforça a ciência como produto acabado e não como o processo de construção do conhecimento químico. Nessa premissa, é enfatizado que a história da química, numa perspectiva filosófica e reflexiva, deve ser aplicada como uma ferramenta para ensinar. Assim, os discentes perceberão que os químicos que estudaram essas teorias foram seres humanos, os quais erravam e acertavam, aceitavam e rejeitavam teorias científicas.

Como sugestões de aproximações da história da química e epistemologia, Oki e Moradillo (2008) apresentam algumas opções de abordagens. Dentre elas, a proposta de utilização de materiais didáticos com conteúdo de HFSC, tendo como tema as controvérsias entre o atomismo e antiatomismo, presente em Pereira e Silva (2018). Outra possibilidade é discutir sobre alquimia *versus* química, dando ênfase para discussão de critérios de demarcação da ciência. A sugestão de leitura em Alfonso-Goldfarb (1987, 2001) é debater no contexto histórico o conceito de ciência ou identificar as características da Ciência Química, que a diferencia da alquimia, já que suas visões de mundo (*Gestalt*) são muito distintas.

Deixamos ainda, a sugestão em apresentar “O Papel de Newton na Alquimia”, de Souza, Silva e Aires (2022), com ênfase ao contexto científico de Robert Boyle (1627-1691), presente em Zaterka (2002) e em Alfonso-Goldfarb (1987, 2001). Alguns questionamentos epistemológicos sugeridos ao Ensino de Química: “qual a sua concepção da ciência?” e “por que a Química é uma ciência?”, com indicação de leitura em Chalmers (1993), uma vez que as críticas à concepção empírico-indutivista, especialmente ao indutivista ingênuo, contidas nesta obra podem ajudar na compreensão de concepções mais reflexivas sobre a ciência.

Em Anjos e Justi (2015), sugere-se ao professor trabalhar aspectos de NdC por meio de uma atividade de júri simulado, cujo objetivo é julgar a ação de uma indústria farmacêutica responsável por testes de um novo medicamento na população vulnerável de Nairobi, no Quênia. Nesta proposta, podem ser exploradas,

junto aos estudantes, as ações humanas na ciência e visões mais críticas sobre a produção científica.

E mais, outra possibilidade de aproximação entre história da química e epistemologia está em Flôr (2009), em que se sugere a leitura de episódios históricos sobre a síntese de elementos transurânicos e “possível” extensão da Tabela Periódica. Os elementos transurânicos foram identificados após bombardeamento do núcleo de urânio com nêutrons. No entanto, chegou-se à conclusão de que estes elementos eram produtos de fissão nuclear e não novos elementos químicos. Em especial, analisa-se como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas por meio de uma perspectiva fleckiana.

3.1 A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nesta seção, apresentamos a relevância da epistemologia para o Ensino de Ciência, em relações de interfaces com a História da Ciência. Iniciamos com aspectos gerais da epistemologia e, ao final, delineamos para a epistemologia de Fleck (2010).

Sabemos o quanto é importante que educadores em ciências tenham uma percepção crítica sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, para que suas aulas sejam embasadas em concepções mais reflexivas de ciência. Segundo Beltran, Saito e Trindade (2014), as áreas História da Ciência e Ensino de Ciências constituem-se como campos distintos de saberes, sendo necessária a construção de interfaces, por meio da interdisciplinaridade. Para tal feito, a epistemologia, que enfatiza o estudo dos processos de construção do conhecimento (*episteme*), simboliza a ferramenta para essa associação que buscamos.

A epistemologia ganhou mais espaço nas discussões de educadores de ciências a partir das explicações de “continuidade” e “descontinuidade”, que simbolizam (traduzem) os processos de construção do conhecimento, e que enriquecem a própria História da Ciência. Dessa maneira, Saito (2013) afirma que algumas epistemologias de ciência - Thomas Kuhn, Karl Popper e Gaston Bachelard - obtiveram tal receptividade por realizar oposição às correntes (neo)positivistas de ciência, que continham abordagens lineares na História da Ciência. Assim, a compreensão do funcionamento da ciência passou a integrar a didática das ciências.

No Brasil, a relação Ensino de Ciências/Química e História da Ciência foi tema de discussão nas primeiras edições do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), onde foram abordados tópicos relacionados à história da química, filosofia e epistemologia da ciência, os quais permitem a construção e reconstrução do conhecimento.

A elaboração de propostas de Ensino de Química para formação de cidadania inclui a natureza do conhecimento científico, por meio de discussões sobre a história e filosofia da ciência para que o aluno a conceba como uma atividade humana socialmente contextualizada e em contínuo processo de construção (Beltran; Saito, 2013, p. 70).

Em 1982, houve o primeiro ENEQ e, nesta ocasião, foram colocados à mesa todos os objetivos para o Ensino de Química, que eram: promover e consolidar a área de pesquisa no Brasil; estabelecer um espaço de discussões e socialização de ideias entre educadores, professores e pesquisadores da área. Pretendeu-se o aperfeiçoamento do ensino e aprendizagem de Química. Dessa maneira, foi iniciada a utilização de teorias da psicologia, da sociologia e da filosofia. Colocou-se a diferença entre a pesquisa da Química e a da Educação Química, a qual investigava-se sobre pessoas e não sobre conceitos científicos exclusivamente. Assim, a pesquisa em Ensino de Química passou a fazer parte da didática das ciências (Schnetzler, 2002; Nardi, 2005).

O pensamento que acaba se tornando uma barreira para o Ensino de Ciências nas disciplinas específicas é o de que ensinar ciências é uma tarefa simples, bastando conhecer os conceitos científicos (domínio de conteúdo) e ter alguma prática, ignorando-se outros saberes, como os saberes docentes, e a própria epistemologia da ciência. De acordo com Cachapuz *et al.* (2005), a importância da epistemologia da ciência está no fato de produzir uma melhor aprendizagem desta, pois enquanto as faculdades de ciência se limitarem a ensinar somente os conteúdos científicos e apresentar o “método científico”, oferecem-se concepções absolutamente ingênuas a respeito da atividade científica e perspectivas inadequadas do papel da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC).

As razões para a emergência da didática das ciências como novo campo de conhecimento surgiu, conforme Cachapuz *et al.* (2001), da importância social concedida à educação científica, como o movimento de Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) – tendo o exemplo dos Estados Unidos da América (EUA) – e o

fracasso escolar, aliado a uma crescente rejeição aos estudos científicos e uma atitude negativa frente à ciência, por parte dos estudantes. Tal fracasso escolar, culminou em críticas sobre as deficiências do ensino, sendo questionados os problemas de ensino e aprendizagem das ciências naturais.

Outro ponto importante mencionado por Cachapuz *et al.* (2001), diz respeito a “aprendizagem por descoberta” que ao tentar favorecer uma aprendizagem das ciências mais efetiva, baseada no indutivismo extremo e na valorização dos conteúdos, não promove uma mudança na maneira de se ensinar ciências.

Cachapuz *et al.* (2001, 2005) também apontam para a insuficiência de uma formação de professores que separe os conteúdos científicos dos pedagógicos. Sendo necessário, portanto, questionar esta tradição uma vez que ela bloqueia a possibilidade de uma evolução fundamentada, não abrindo espaço para a emergência de novos caminhos.

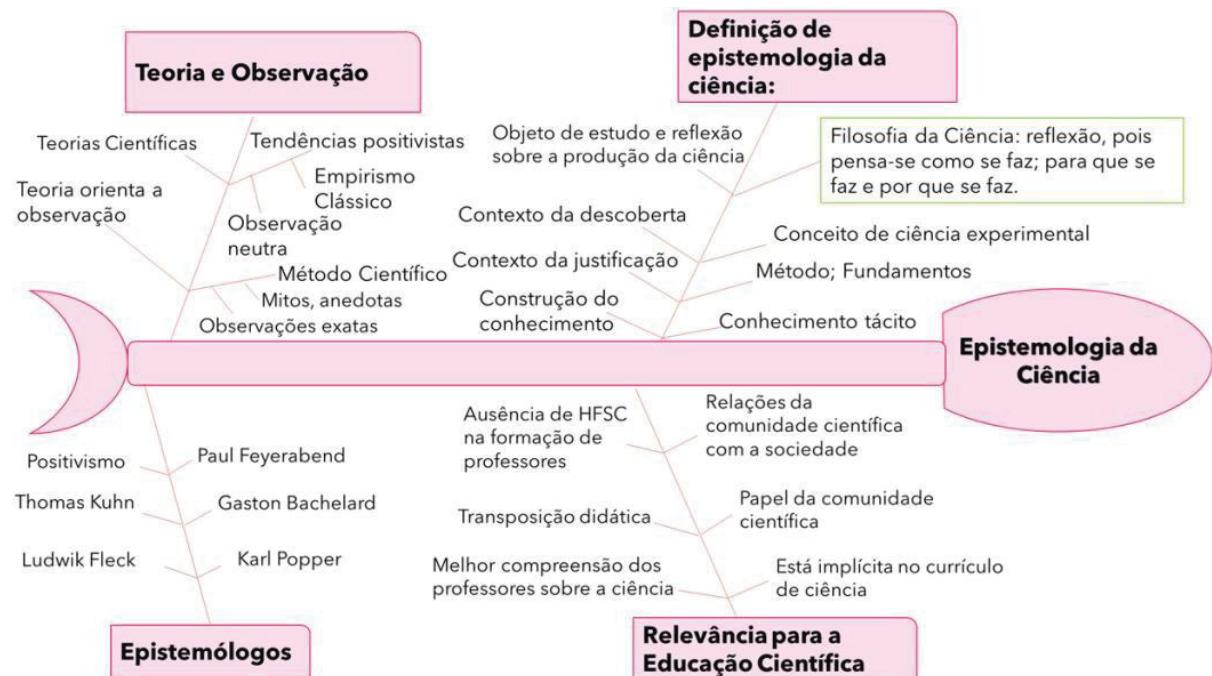
Sem escapar a essa discussão, torna-se essencial mencionar o papel que a epistemologia da ciência possui para uma melhor aprendizagem de ciências, visto que no ensino tradicional há a tentativa de aproximar a aprendizagem das ciências às características de uma investigação científica dirigida, com base nas etapas do método científico. Nestes aspectos, Silva *et al.* (2014) apontam para as necessidades formativas do professor de ciências ao inserir a História, Filosofia e Sociologia da Ciência na sala de aula. Dessa maneira, ao ser trabalhado os aspectos históricos, filosóficos e sociológicos da ciência, há a potencialidade também de serem tratadas as concepções ingênuas (simplistas) sobre a história e a epistemologia da ciência. Ademais, outras potencialidades referem-se às seleções de aspectos históricos ao se enfatizar cada episódio, além da construção de atividades de ensino adequadas sob o ponto de vista pedagógico e epistemológico.

Nesse sentido, podemos levar aos estudantes algumas questões epistemológicas. Por exemplo: Por que existiram diversos modelos atômicos? Quais foram as teorias científicas rivais em relação ao átomo? Como foi desenvolvido o conceito de átomo no século XIX? Como a teoria quântica influenciou o conceito de átomo? Numa vertente epistemológica fleckiana: Qual a gênese e desenvolvimento do átomo? Estas perguntas podem contribuir para que se pense a ciência a partir dos processos de construção do conhecimento científico e não dos produtos, prontos e acabados.

Ademais, Cachapuz *et al.* (2001, p. 198) salienta que “as críticas feitas ao indutivismo permitem compreender, do ponto de vista estritamente epistemológico, a relevância das primeiras concepções dos alunos quando confrontados com problemas científicos”. Dessa maneira, tais autores sugerem que o professor de ciência precisa conhecer sobre a ciência e adotar uma vertente epistemológica, seja com base em Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Karl Popper, Paul Feyerabend, Gaston Bachelard, Ludwik Fleck ou outros epistemólogos que confrontam os pensamentos da concepção de ciência estritamente empírico-indutivista.

Um panorama dos aspectos relacionados à epistemologia da ciência para direcionar aos professores de ciências; contendo desde definição, relação da teoria e observação, exemplos de epistemólogos e citações de relevância para a Educação Científica é apresentado na FIGURA 5.

FIGURA 5 - Panorama da Epistemologia da Ciência



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: o diagrama de espinha de peixe permite a análise visual da causa e efeito de um problema. A “cabeça” do peixe no diagrama é identificada como a Epistemologia da Ciência, a qual buscamos analisar as relações desse efeito na Educação em Ciências. Anexada à “espinha dorsal” estão as causas específicas: definições de epistemologia da ciência, teoria e observação, epistemólogos e relevância para a Educação Científica.

De acordo com Condé (2023), a epistemologia da ciência de maior influência contemporânea, a ser amplamente discutida em diversas áreas, incluindo o Ensino

de Ciências, e, que se contrapôs ao positivismo lógico foi a de Thomas Kuhn (1922-1996). Nesse sentido, Ostermann (1996) relata que o livro kuhniano, “A Estrutura das Revoluções Científicas” de 1962, representou um marco na construção de uma imagem contemporânea da ciência, uma vez que as ideias ali contidas foram precursoras para a “Nova Filosofia da Ciência, constituída no século XX” (Oki, 2004, p. 33).

Em sua epistemologia, Kuhn criticou o positivismo lógico ao trazer uma nova visão de ciência, como, por exemplo, a ideia da observação antecedida por teorias, e, portanto, não neutra. Os conceitos principais na epistemologia kuhniana são ciência normal e revolução científica. Além destes, os conceitos de paradigma e incomensurabilidade foram marcantes na obra kuhniana.

Na epistemologia de Kuhn (2011), é apresentada a ideia de historicidade da ciência, em que são destacados episódios da história da física como a eletricidade e como exemplo na história da química, o contexto de Antoine Lavoisier (1743-1794) com a teoria da combustão, que refutou a teoria do flogisto. Há também, o exemplo de John Dalton (1766-1844) com a hipótese atômica no início do século XIX, a partir de um novo sistema de Filosofia da Química, o qual representou uma revolução científica (Oki, 2004).

Em resumo, Kuhn (2011) descreve a estrutura da ciência como: a) pré-ciência; b) ciência normal; c) crise; d) revolução científica; e) nova ciência normal, a partir da qual são explicados como os fatos se desenvolvem ao longo de uma história. Por exemplo, uma revolução científica ocorre após a ciência normal apresentar anomalias, ou imprevistos que não podem ser justificados ou explicados de maneira previsíveis. Desse modo, estas anomalias deixam a ciência normal desorientada, iniciando-se uma nova base para a ciência por meio de episódios extraordinários. Este processo traz a ideia de paradigma, na qual ocorre a quebra do conceito científico vigente para formação de um novo conceito que se contrapõe ao anterior, não sendo admissível no novo paradigma conceber a antiga concepção, ou seja, paradigmas distintos são incomensuráveis.

De acordo com Oki (2004), embora tenha realizado grande impacto para a epistemologia da ciência, Thomas Kuhn recebeu muitas críticas, especialmente sobre o conceito de paradigma, o qual se apresentou como um conceito polissêmico com 21 significados distintos ao longo de sua obra. Talvez, por este motivo, houve a

ausência de uma escola kuhniana, o que representou uma certa lacuna na Filosofia da Ciência.

Apesar da epistemologia de Kuhn (2011) ser bem difundida no meio acadêmico – entre historiadores, sociólogos, filósofos da ciência, na psicologia e na educação – não houve coesão da comunidade científica em aprofundar os conceitos kuhnianos, a ponto de fundar uma escola filosófica. Possivelmente, devido à ambiguidade de sentidos em sua obra, especialmente quanto ao conceito de “paradigma”. Ademais, ao romper com a concepção de ciência da escola tradicional (aquela positivista), Kuhn insere elementos de caráter mais políticos e menos racionais, o que tornou sua concepção de ciência menos “dura”, e mais politizada (Ramalho, 2020).

Para Condé (2023), o que prejudicou o entendimento do conceito kuhniano de paradigma foi a questão da incomensurabilidade, na qual Kuhn afirmou que onde se era pato antes da revolução, após esta são considerados coelhos, no sentido de haver incompatibilidade na visão de mundo de paradigmas distintos. O próprio Kuhn abandona o conceito de paradigma posteriormente, o que indica que seus conceitos estavam bem demarcados em “A estrutura”. Por sua vez, o processo de ruptura constituído conceitualmente no “paradigma” indica a ideia de revolução e não de acumulação, comum na tradição positivista.

Já em “O caminho desde a estrutura”, Kuhn (2017) realiza réplicas as críticas recebidas por outros epistemólogos, como Paul Feyerabend e Karl Popper. Em especial, sobre o sentido de “revolução”, compreendido como uma mudança conceitual comum na ciência e fundamental para o seu progresso. De acordo com a revisão kuhniana, em “A estrutura” alguns episódios históricos foram nomeados, mas não analisados de maneira integral. Dessa forma, mudanças que envolvem reconstrução na ciência podem ser oriundas de fenômenos revolucionários ou não. É o caso do oxigênio de Lavoisier, que foi uma revolução para os químicos, pois foi necessária a formulação de uma nova teoria - a teoria da combustão e de acidez. Contudo, para os astrônomos o oxigênio representou o acréscimo de um conhecimento, um gás a mais. Do mesmo modo, para Scheele ou Priestley, que defenderam o ar deflogisticado, o oxigênio não foi tão revolucionário. Então, segundo a perspectiva kuhniana haveria uma maneira parcial para se perceber uma

“revolução”, conforme o desenvolvimento das crenças aceitas pela comunidade científica.

Todavia, apesar de haver intensas críticas de historiadores e filósofos da ciência em relação à ideia de paradigma e de incomensurabilidade presente em Kuhn (2011), (ao afirmar que se abandona a ideia anterior por completo) os conceitos apresentados em relação ao funcionamento da ciência são didáticos para o seu ensino.

[...] a obra magna de Kuhn apresenta uma dimensão didática que possibilita às pessoas aprenderem muito rapidamente o que é um paradigma, como paradigmas mudam, o que é uma revolução científica etc. Aprendizado rápido dos conceitos e uma aplicação fácil e imediata (Condé, 2023, p. 17).

A publicação da obra kuhniana ocorreu no período pós-guerra e durante a Guerra Fria, marcado por disputas entre duas potências políticas: a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e os Estados Unidos da América (EUA). De acordo com Condé (2013, 2017, 2023), o contexto histórico e geopolítico do autor de “A estrutura” favoreceu o sucesso acadêmico de seu livro. Primeiro, por ser de origem americana e, portanto, falante nativo de língua inglesa, o idioma de maior influência no meio acadêmico. Em segundo, a obra kuhniana explicou a estrutura da ciência de maneira didática, por meio de episódios históricos. Terceiro, por haver o favorecimento econômico, já que os Estados Unidos investiram intensamente em Alfabetização Científica e Tecnológica. E mais, como menciona Nardi (2005), havia o interesse político na formação científica e tecnológica dos cidadãos americanos.

Em síntese, Condé (2023) afirma que a obra kuhniana é um clássico para a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC), pois ainda é a mais utilizada nessa área. Além disso, o uso de Kuhn pode ocorrer sob três perspectivas, sendo estas: ontológica, instrumental e ideológica.

Na primeira perspectiva, a ontológica, prevalece a utilização de conceitos kuhnianos no significado de visão de mundo (*Gestalt*), como “paradigma”, que apesar de ter ganhado abrangência para outras áreas, refere-se exclusivamente à ciência. Na questão instrumental, é reconhecida a didatização de sua obra, uma vez que Kuhn foi professor universitário e elaborou seu livro pensando no Ensino de Ciências (Física/Química). Já na perspectiva ideológica, ocorreu a importância

geopolítica e o contexto sócio científico, que culminaram na divulgação e influência da obra kuhniana.

Contudo, vemos um contexto histórico e geopolítico muito distinto do autor de “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, que não obteve êxito na primeira edição de sua obra magna. Por razões da Segunda Guerra, Fleck ([1935] 1980) não teve interlocutores, tampouco sua obra pôde ser lançada ou circular em boa parte da Europa, pois um dos motivos foi a perseguição antisemita.

Todavia, Kuhn (2011) reconheceu no prefácio de seu livro, ainda que brevemente, que a perspectiva de perceber a ciência por meio da atividade social veio de Ludwik Fleck (1896-1961). Na verdade, a própria ideia de historicidade da ciência, na qual são apresentados o percurso histórico do conhecimento e seus contextos, que contribuiu sobremaneira para o sucesso de Kuhn, proveio da epistemologia de Fleck. Entretanto, conforme Condé (2017), o fato de Kuhn não ter referenciado o médico polonês adequadamente no seu texto fez com que seu relacionamento com Fleck não se extinguisse ao longo dos anos. Assim, Kuhn passou o resto de sua vida revisitando os conceitos fleckianos e as implicações com sua obra, fatos que o tornaram o historiador e filósofo da ciência mais conhecido do século XX (Cohen; Schnelle, 1986).

E mais, Condé (2023) relata que a herança de Kuhn para a historiografia da ciência foi com relação à abordagem social da ciência (incluindo o despertar de Fleck, conforme mencionado no prefácio da obra kuhniana); na analogia entre conhecimento e evolução, fato que o fez se aproximar ainda mais da epistemologia fleckiana e na importância da linguagem na produção do conhecimento científico. Ou seja, quanto mais (re)elaborou os conceitos, tais como paradigma e incomensurabilidade, bem como o significado de revolução científica, muito mais Kuhn se aproximou de Fleck.

Em termos epistemológicos, Fleck (2010) propôs que a concepção de ciência natural resulta de um percurso histórico e dos princípios do pensamento que compõem o processo evolutivo, como o Coletivo e Estilo de Pensamento. Dessa maneira, opõe-se à visão empírico-indutivista e ahistórica que considera o conhecimento como algo comprovado, evidente, derivado de um “método científico”. Por estas razões, encontramos na epistemologia fleckiana bases para utilização no

Ensino de Ciências e, mais, no Ensino de Química, já que buscamos um ensino que confronte as concepções simplistas sobre o conhecimento científico.

Em outras palavras, de acordo com Condé (2016a), sob a percepção do pensamento de Fleck não se pode haver separação da ciência, incluindo a observação e experimento, das investigações históricas e sociais. Nesse sentido, são necessárias múltiplas perspectivas para compreensão de como é o conhecimento e como ocorre seu funcionamento.

Segundo Condé (2016a), pesquisadores brasileiros recepcionam o pensamento de Fleck sob nuances social, histórica e epistemológica em diferentes interesses e aplicações, formando quatro Coletivos de Pensamento: 1) a história da medicina e biomedicina; 2) a educação científica; 3) a sociologia e 4) a filosofia. Dentre estes Coletivos, as pesquisas de Fleck na área de Educação Científica está bem desenvolvida no Brasil.

3.1.1 A Epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências

Quais são as possíveis contribuições da epistemologia de Fleck para o Ensino de Ciências?

De acordo com Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2018), a epistemologia fleckiana pode contribuir no Ensino de Ciências porque explicita o processo coletivo da produção do conhecimento. Em termos pedagógicos, possibilita a compreensão de que a prática de um professor está ligada à sua formação, incitando uma reflexão sobre a epistemologia da ciência (desde a formação inicial) e a prática docente. Em relação aos conceitos fleckianos, é possível identificar as condições para a instauração de um Estilo de Pensamento ligado à ciência. A epistemologia fleckiana possibilita também compreender a importância da comunicação intra e intercoletiva no estabelecimento e transformação de um Estilo de Pensamento. Além de contribuir para a inserção da História da Ciência nos currículos de graduação.

Ademais, a epistemologia de Fleck contribui para compreensões de visões mais adequadas sobre o ambiente científico. Como por exemplo, a visão de ciência como construção social, perceptível pelo trabalho colaborativo entre os cientistas. Já que o cientista não interpreta “fatos” sozinho, uma vez que é influenciado pelos Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento que está inserido. Assim, Fleck

(2010) traz a importância do percurso histórico e não apenas a observação e experimento na produção do conhecimento, valorizando a historicidade da ciência e se contrapondo à ideia de neutralidade. Neste quesito, realiza oposição à visão empírico-indutivista, o que possibilita compreensões mais adequadas a respeito da Natureza da Ciência (Souza; Aires, 2019).

Historicamente, nos anos 1990, Ilana Löwy ministrou um curso no Programa de Doutorado de Educação Científica e Tecnológica na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sendo este muito importante para difundir as ideias de Fleck no Coletivo de Pensamento da Educação em Ciências. Neste Coletivo, encontramos um nome fundamental para divulgação da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências, o pioneiro Demétrio Delizoicov, que formou (e forma) vários pesquisadores comprometidos com o trabalho de Fleck, constituindo uma verdadeira rede nesta área (Condé, 2016a).

Além disso, consoante Condé (2016a), em Lorenzetti *et al.* (2013) confirma-se que os primeiros estudos na área de Educação em Ciências, orientados pelas ideias de Fleck, iniciaram na última década do século XX, sendo concentrados na região Sul do país, em especial na UFSC, e em torno de Delizoicov.

Assim, os estudos a respeito das contribuições da epistemologia fleckiana para o Ensino de Ciências solidificaram-se com Delizoicov *et al.* (2002), onde foram apresentados os principais conceitos, ou as categorias fleckianas, como o Estilo de Pensamento e Coletivo de Pensamento. Além disso, foram citados ainda o posicionamento crítico de Fleck em relação ao empirismo lógico, e a existência de um terceiro elemento na relação sujeito/objeto, a saber: o estado do conhecimento (ou estado do saber), evidenciando a não neutralidade da atividade científica.

Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018) apresentam a recepção e crescente utilização da epistemologia fleckiana nas Pesquisas em Educação em Ciências, justificando seu intenso uso devido à concepção socioconstrutivista, o que abrange o caráter sociológico da produção e disseminação da ciência.

As pesquisas em educação que utilizam as ideias de Fleck, conforme Condé (2016a), concentram-se nas temáticas de ‘gênese de um fato científico’, ‘formação de professores’ e ‘análise da produção acadêmica’. E mais, as compreensões da Educação em Ciências são orientadas, principalmente, por meio dos conceitos de

Estilo de Pensamento, Coletivo de Pensamento e pela comunicação de pensamentos tanto dentro e entre Coletivos de Pensamento.

Para compreensão do processo de construção do conhecimento, Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018) explicam as transformações no Estilo de Pensamento. Nestas, podem ocorrer duas fases: uma clássica, onde o sistema de pensamento é persistente e qualquer alteração parece ser impensada; e a fase de complicações, nas quais surgem exceções ou problemas que o Estilo de Pensamento vigente não consegue resolver. Assim, intensas controvérsias geram complicações no Estilo de Pensamento que vão levar às transformações no Estilo de Pensamento e consequentemente, gerar um novo Estilo.

De acordo com Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018), todas as pesquisas identificadas utilizaram o conceito 'Estilo de Pensamento' em suas análises. E mais, o terceiro elemento contido em Fleck é citado como sendo o Estilo de Pensamento compartilhado dentro do Coletivo de Pensamento. Dessa maneira, há o sujeito, objeto e o estado do conhecimento, compreendido como Estilo de Pensamento compartilhado. Assim, certamente, a base de elementos de Natureza da Ciência nesse levantamento é o 'Estilo de Pensamento'.

Como continuação da análise da produção acadêmica brasileira que utiliza a epistemologia de Ludwik Fleck em Teses e Dissertações, Nobre-da-Silva e Silva (2021) realizaram um balanço analítico no período de 2016 a 2020. As pesquisas que utilizam a epistemologia fleckiana pertencem a distintas áreas do saber, como: ensino, história, filosofia, saúde pública, educação especial. No entanto, o Ensino de Ciências tem se destacado, sendo que dos 59 trabalhos analisados 41 são desta área. As categorias Estilo de Pensamento, Coletivo de Pensamento, Círculos Eso e Exotérico e Circulação de Ideias Inter e Intracoletiva são, exaustivamente, utilizadas como subsídio às pesquisas. Enquanto, as categorias complicações, harmonia das ilusões, instauração, extensão e transformação do Estilo de Pensamento vêm sendo inseridas. Tais autores apontam uma inquietação, isto é, se existe um Coletivo de Pensamento sobre a epistemologia fleckiana, uma vez que ocorre pouca circulação de referenciais entre os próprios pesquisadores da área de Ciências Humanas e menor ainda, entre as áreas de Ciências Humanas e Ciências Naturais. É apontado pelos pesquisadores brasileiros, desvios de significados que podem acontecer

durante a Circulação Intra e Intercoletiva de ideias, sendo estes conceitos fleckianos os de maiores controvérsias entre os pesquisadores da área.

Nobre-da-Silva e Silva (2021, p. 6) mencionam que, para Fleck (2010), “conhecer se dá pela relação de três elementos: sujeito, objeto e o estado do saber. Nessa tríade, o sujeito cognoscente atribui significado e sentido ao objeto, em função do estado do saber”. Este, por sua vez é definido como as mediações sociais, históricas, lógicas e culturais que constituem a relação entre o já conhecido e o novo conhecimento. Além disso, o ato de conhecer subjaz ao Estilo de Pensamento e Coletivo de Pensamento do qual o indivíduo participa. Entendimentos semelhantes aos apontados por Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018).

Já Chicória, Aires e Camargo (2018) investigaram a presença da epistemologia de Ludwik Fleck nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) no período de 1997 a 2015. Em relação às discussões percebidas nos artigos analisados, há uma convergência entre os autores a respeito dos motivos da utilização da epistemologia fleckiana, a saber: compreensão da construção do conhecimento científico para a Educação em Ciências. Dessa forma, é colocado como essencial que o contexto histórico é importante para a construção do conhecimento.

De acordo com Chicória, Aires e Camargo (2018), na concepção fleckiana a observação de um fenômeno depende diretamente do Estilo de Pensamento do observador. Contudo, no processo de construção do conhecimento coexistem Estilos de Pensamento distintos, incomensuráveis entre si, que serão responsáveis pela pluralidade de olhares colaborando para a construção coletiva na ciência.

Conforme Chicória, Aires e Camargo (2018), em Fleck (2010) o processo de construção do conhecimento ocorre na interação do sujeito com o objeto, e essa interação é mediada pelo Estilo de Pensamento, compreensão parecida com a de Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018) e a de Nobre-da-Silva e Silva (2021).

Por fim, De Souza e Martins (2021) realizaram um panorama dos trabalhos que usaram a epistemologia de Fleck como referencial teórico e que foram publicados em periódicos nacionais de Qualis A1, A2 e B1 nos últimos anos. Segundo os autores, há o predomínio dos conceitos de Estilo de Pensamento, Coletivo de Pensamento e Circulações Intra e Intercoletiva de Ideias nas pesquisas averiguadas. Destes, Estilo de Pensamento e Coletivo de Pensamento são os

conceitos que vêm em primeiro lugar, assim como apontado por Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013, 2018) e Chicória, Aires e Camargo (2018). Além disso, também é observado que há consenso de entendimento sobre Estilo de Pensamento e Coletivo de Pensamento entre os pesquisadores brasileiros, uma vez que estes conceitos são bem definidos na obra fleckiana. No entanto, os conceitos Circulação Intracoletiva de Ideias e Circulação Intercoletiva de Ideias não são precisamente definidos em Fleck (2010), exatamente por ser uma obra aberta, gerando controvérsias no processo de interpretação destes conceitos.

O próprio Fleck ([1935] 1980), em sua obra original, menciona que realizou um ensaio para explicar como indivíduos particulares veiculam a comunicação dentro do Coletivo e Estilo de Pensamento, mas não necessariamente elaborou uma teoria do conhecimento a respeito, sendo o intuito apresentar algumas trocas de pensamentos.

Desse modo, recomenda-se mais debates sobre a obra de Fleck ([1935] 1980, 1979, 2010) com seus significados, para que haja ampliação da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências e, por conseguinte, menos conflitos nas interpretações dos conceitos fleckianos. Como exemplo, as críticas de De Souza e Martins (2021) a Souza e Aires (2020) quanto à interpretação de Circulação Intra e Intercoletiva de Ideias (ou Tráfego Intra e Intercoletivo de Ideias).

Em Souza e Aires (2020) foram analisadas correspondências entre Leibniz e Newton, bem como a construção social das Séries Infinitas (correspondente ao Fato Científico de ambos). Desse modo, houve a interpretação de que Leibniz estava se inserindo no mesmo Coletivo e Estilo de Pensamento dos matemáticos ingleses. Dessa forma, Leibniz estava em meio à Circulação Intercoletiva de Ideias, pois Fleck ([1935] 1980, 2010) indica que na Circulação Intercoletiva ocorre mudança fundamental no Estilo de Pensamento. Além disso, estava acontecendo também a emergência de um Fato Científico, isto é, o início do cálculo infinitesimal. No entanto, considerou-se como “Inter” pelo motivo que Leibniz estava iniciando no mesmo Estilo de Pensamento de Newton, trazendo ideias novas e conhecendo a teoria da matemática inglesa. Dessa maneira, considera-se que ambos participaram de Estilos de Pensamento próximos. Contudo, De Souza e Martins (2021) possuem interpretação distinta a respeito dos conceitos de Circulação Intra e Intercoletiva de Ideias, apoiados em interpretações repetitivas e não inovadoras na área.

3.2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A História da Ciência possui importância no Ensino de Ciências porque pode contribuir como estratégia didática para apresentar, por meio de episódios históricos, o processo da construção do conhecimento. Nesse sentido, pode propiciar aos estudantes a percepção de que a aceitação ou não de uma nova proposta sobre determinado conhecimento não depende apenas do seu valor intrínseco, mas também de outros valores contextuais, como os sociais, filosóficos, políticos e religiosos e, até mesmo, o *status/prestígio* do proposito (Benevides-Pereira *et al.*, 2009).

Como exemplos de valores contextuais, Souza e Aires (2024a, 2024b) lembram que na história da construção social do DNA, o desenvolvimento deste conhecimento esteve atrelado às competições para reconhecimento acadêmico, além de aspectos éticos nas relações entre os cientistas, incluindo a desigualdade de gênero. Em relação à ética, Watson (2014) ocultou de Maurice Wilkins (1916-2004) que pesquisava sobre o DNA, a fim de receber informações privilegiadas, deixando-o entender que realizava apenas pesquisas com proteínas. Na questão de desigualdade de gênero, os dados experimentais de Rosalind Franklin (1920-1958) foram utilizados pelos cientistas ganhadores do Nobel (Watson e Crick), enquanto Rosalind não recebeu nenhum reconhecimento acadêmico à época. Entretanto, Wilkins obteve tal reconhecimento, ainda que posteriormente.

Um exemplo de valores sociais que influenciam na produção científica, refere-se à história da sífilis. Em Fleck (2010), é apresentado como os valores morais foram determinantes no desenvolvimento da reação de Wasserman (o teste diagnóstico). A sífilis era considerada uma doença amaldiçoada e havia o dogma sobre o sangue impuro dos sifilíticos. Dessa forma, a pressão social para diagnóstico e tratamento desta doença foi tamanha que os pesquisadores se renderam à opinião popular, iniciando os testes de sangue.

Fleck argumenta que fatores externos à ciência também interferem na determinação do fato científico. Por exemplo, a competição internacional em certas épocas, em relação a certos temas de pesquisa, as demandas sociais e consequentemente a destinação de verbas à pesquisa, junto com aspectos éticos e morais associados às expectativas do pesquisador individual, acabam criando uma experiência coletiva, uma pressão por resultados, em especial nas ciências empíricas, como é o caso da medicina, mas não só na medicina (Massoni; Moreira, 2015, p. 241).

Algumas contribuições da História da Ciência para o Ensino são humanizar as ciências naturais, como tão enfatizado em Matthews (1995, 2012), no sentido de aproximar as disciplinas científicas dos interesses pessoais e dos valores contextuais da comunidade. Como também, apresentar o desenvolvimento epistemológico e cultural do conhecimento, contribuindo para evidenciar os seus processos de construção, além de mostrar que a atividade científica não é neutra e nem solitária, mas sim social, como bem colocado por Fleck (2010).

Quanto às influências do meio social no meio científico, podemos apresentar ainda dois sentidos. No primeiro sentido, em que a produção científica não possui neutralidade, podemos mencionar o caso da sífilis, cuja incidência nas pesquisas teve um impacto muito maior quando comparada a tuberculose. Apesar de esta última causar maiores danos à saúde, foi menos investigada que a primeira, por ser socialmente compreendida como uma enfermidade romântica. No segundo sentido, a atividade científica é construída pelo trabalho coletivo, desvincula a ciência de pesquisadores isolados e mostra a participação de vários cientistas na constituição do pensamento científico.

Fleck nada mais é do que coerente quando, partindo de sua abordagem coletivista, ataca a historiografia das ciências que vincula os acontecimentos basicamente ao desempenho de pesquisadores isolados. O desempenho atribuído a um pesquisador como um avanço muitas vezes é o resultado de uma “racionalização”, que nada tem a ver com o processo efetivo. Para ele, as ideias surgem no tráfego de pensamentos de um coletivo de cientistas (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 23).

Corroborando, Forato (2019) defende que abordagens críticas da História da Ciência favorecem o entendimento desta como construção humana, influenciada por questões políticas, econômicas e culturais de contextos específicos, inclusive geográficos.

Tal perspectiva [a perspectiva historiográfica] apresenta uma ciência não neutra, dinâmica, produtora de certezas provisórias, passíveis de reformulações, de crítica, de contestação e de substituição de teorias por novos conhecimentos. [...] Ao fomentar tal abordagem, pode-se promover a criticidade, a reflexividade emancipatória e contribuir para a promoção dos direitos humanos (Forato, 2019, p. 230, parênteses adicionados).

Benevides-Pereira *et al.* (2009), também mencionam que a História da Ciência contribui para mostrar o caráter provisório dos conhecimentos científicos, preparando os indivíduos para enfrentar uma realidade em contínua transformação.

Estas contribuições, estendem-se a demonstrar as relações mútuas que vinculam a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, bem como melhorar a aprendizagem de conceitos, hipóteses, teorias, modelos e leis. A apresentação de episódios históricos para os estudantes pode estimular os interesses destes pela ciência e retirar o tédio de um ensino estritamente técnico, dogmático e acrítico. Ademais, a História da Ciência pode trazer mais um benefício à compreensão da ciência como parte integrante da cultura.

Outras contribuições da História da Ciência para o Ensino correspondem ao enfrentamento da tradição de focar apenas nos produtos da atividade científica, em detrimento dos processos de construção dos conhecimentos, bem como, das relações da ciência com a sociedade. Outros enfrentamentos referem-se a escassez de textos de História da Ciência que contemplam as necessidades da educação básica e a dificuldade de acesso aos materiais históricos que sejam apropriados para o Ensino (Benevides-Pereira *et al.*, 2009).

Como vivência de “enfrentamento”, Forato (2019) realizou a inserção da História da Ciência e da Natureza da Ciência nos cursos que em ministrou. Vivenciando o aprendizado de ciências por meio da sua História, tal pesquisadora menciona que houve um grupo de estudantes que se engajou com as abordagens da história da termodinâmica e relatou a superação de dificuldades com os conteúdos de física e matemática. No entanto, outro grupo não se interessou pelas abordagens históricas, preferindo as aulas teóricas mais próximas às tradicionais, com experimentos de laboratório e a resolução de exercícios. Nesse sentido, Forato (2019) menciona a importância de reconhecer a diversidade de perfis de estudantes e a necessidade de mobilizar o pluralismo metodológico no Ensino de Ciências, buscando contemplar todos os espectros encontrados na prática docente.

Para inserção da História da Ciência no ensino, ressaltam-se as necessárias ações de práticas pedagógicas para as ciências, tais como realizar um levantamento das concepções iniciais de estudantes, com indicações de discussões em relação as concepções ingênuas sobre ciências, de acordo com Gil-Pérez *et al.* (2001). Ou ainda, discussões utilizando textos de Chalmers (1993) sobre o empirismo ingênuo e sobre definições relativas à NdC com Moura (2014). Especialmente na formação inicial de professores, haja vista a relevância em mediar reflexões mais elaboradas sobre ciências em classe.

Assim, Forato (2019) recomenda que é necessário identificar e lidar com a pseudo-história; com os mitos históricos propagados em materiais didáticos e na grande mídia, bem como as visões ingênuas e estereotipadas por eles fomentadas.

Algumas ideias de ações pedagógicas colocadas por estudantes de licenciatura em Física, na pesquisa de Forato (2019), são referentes às manifestações sobre identificar a pseudo-história e saber como lidar com esta; reconhecer as contribuições da História da Ciência para aprendizagem tanto de conceitos científicos como da NdC, além de saber localizar recursos didáticos e conhecer como utilizá-los.

Então, como (re)conhecer uma pseudo-história? Como exemplo, Silva *et al.* (2014) expõem um trecho de texto contendo uma história simplificada, a respeito do experimento da fenda dupla de Young, pertencente à história da Física.

Por volta de 1801, uma bela experiência realizada por Thomas Young (1773 – 1829) resolveu a questão favoravelmente a Huygens. A experiência de Young provou que a luz era uma onda, porque os fenômenos da difração e da interferência, por eles descobertos, eram de características exclusivamente ondulatória (Silva *et al.*, 2014, p. 33).

À primeira vista, o trecho narrado acima parece ser de natureza confiável se o(a) professor(a), ou aluno(a), não tiver uma formação inicial (ou continuada) em História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). No entanto, os problemas referentes à história simplificada, de acordo com Silva *et al.* (2014) são passar uma falsa concepção de que a ciência é feita em datas específicas, de maneira rápida, desprezando todo o estudo de anos, as vezes décadas, séculos ou milênios que foram necessários para que um conceito fosse evoluído até se chegar à sua concepção atual e consolidada. Apresentar apenas um ou dois cientistas descharacteriza todos os estudiosos que passaram anos de suas vidas se dedicando à temática, credenciando poucos cientistas.

Além disso, o breve texto da história simplificada passa uma concepção de ciência distorcida, ao apresentar um experimento que foi crucial para a validação de uma teoria. Conforme Silva *et al.* (2014), torna-se necessário uma fundamentação teórica e matemática, além do experimento na ciência atual. Outra concepção pouco adequada é a apresentação de “insights”, que desvaloriza o estudo de inúmeras pessoas até se chegar naquele momento de consolidação da teoria. E mais, o

trecho considera Thomas Young como “descobridor” da difração, algo problemático para a compreensão da Natureza da Ciência.

Por essas razões, Prado e Trentin (2020) consideram que as historiografias com base em pseudo-história devem ser abandonadas, pois passam a falsa impressão de que a história é linear, como se estivesse num crescente progresso, o que caracteriza concepções não adequadas a respeito do trabalho científico.

Segundo Forato (2009, 2013, 2019), a utilização da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) pode ser colocada no Ensino evidenciando os benefícios, os obstáculos, a pseudo-história e alguns critérios para avaliar os materiais didáticos. Assim, tal autora sugere categorias de análise ao se usar episódios históricos, sendo estas: a 1. *Pseudo-história, mitos e historiografia*: saber identificar e problematizar, inserir as vantagens e desvantagens; 2. *Contribuições na construção e/ou implementação de propostas didáticas*; 3. *Dificuldades na construção e/ou implementação de propostas didáticas*; 4. *Sugestões de estratégias didáticas*. E, por fim, 5. *Lacuna*: aspectos trabalhados que não ficaram esclarecidos, com sugestões de recursos didáticos que podem gerar memória afetiva aos estudantes como a utilização de filmes, imagens, séries.

Para Forato (2019), os episódios históricos nos ajudam a ensinar conceitos científicos, o desenvolvimento de modelos e teorias, e, nos auxilia a ensinar sobre a ciência, seu caráter sócio-histórico e epistemológico.

O fato de terem sido trabalhados diferentes episódios históricos com os mesmos estudantes permitiu que eles vivenciassem exemplos da pluralidade metodológica das ciências, em seus aspectos epistêmicos e não epistêmicos, problematizando visões ingênuas ou essencialistas. Ademais, foi possível mostrar que um mesmo episódio histórico recebe diferentes olhares, revelando a própria historiografia como uma atividade humana, e a construção de narrativas históricas também como uma atividade validada pela comunidade, dinâmica, contextualizada e datada. Tais discussões têm demonstrado promover a reflexão e a criticidade que extrapolam os conteúdos específicos da História da Ciência (Forato, 2019, p. 251).

Diante das problemáticas expostas, sobre a História da Ciência no Ensino, Silva *et al.* (2014) considera que cabe as seguintes indagações para produção e/ou leituras de materiais didáticos. A apresentação da História da Ciência ocorre de maneira simplificada, com omissão de informações, sendo uma história de má qualidade? Apresenta uma pseudo-história, com anedotas, mitos e/ou “descobertas”? Mostra a dimensão coletiva do conhecimento científico? Mostra a ciência na sua

evolução (re)pensada por mais de uma pessoa? Apresenta maior significação ao estudo de conceitos e teorias? Mostra tanto os acertos como os erros? Na composição do episódio histórico, são apresentados os problemas, as dificuldades e os dilemas que rodeiam os cientistas na formulação de uma teoria científica? A História da Ciência mostrada credencia vários cientistas? Mostra estudo de várias pessoas, e/ou os conhecimentos anteriores que deram suporte para existência do novo conhecimento? Apresenta algum “experimento crucial” para validação de uma teoria?

Em certa medida, as indagações citadas possuem potencialidade para compreensões mais adequadas a respeito da Natureza da Ciência, se bem trabalhadas nas aulas de ciências. Em especial, episódios históricos podem apresentar o todo de uma construção social do conhecimento científico, bem como os conceitos epistemológicos envolvidos numa evolução conceitual (ou em outras palavras, num desenvolvimento de um Fato Científico).

Como argumentado anteriormente, o ensino da História da Ciência é fundamental para a formação de professores. Do mesmo modo, se faz necessário no processo de ensino e aprendizagem de ciências para os estudantes na Educação Básica. Contudo, vale ressaltar algumas estratégias didáticas que auxiliam no desenvolvimento de concepções mais reflexivas acerca das ciências.

Nesse sentido, Gurgel (2020) comenta a necessidade de mostrar aos estudantes as fragilidades da ciência, para que estes compreendam além do processo de construção do conhecimento, o caráter humano e provisório da ciência. Assim, é relevante mostrar a importância da validação do conhecimento científico, para que haja compreensão da diferença entre opinião e dados científicos. Além disso, a História da Ciência deve assumir novas posturas frente aos desafios sociais atuais, como a pluralidade de papéis da História da Ciência para o ensino.

Quanto aos papéis, podemos citar: os aspectos formais da ciência com ensino conceitual (como costuma ocorrer nas ciências exatas) e a ênfase no ensino epistemológico, no qual se prestigia compreensão de conceitos fundamentais, por meio de seus aspectos internos no campo científico. Há ainda, a possibilidade da ênfase filosófica-cultural, onde é apresentado entendimento de como a ciência produz seu conhecimento, bem como as relações de interfaces da ciência com a

filosofia e a cultura. Entre outros exemplos, Gurgel (2020) menciona ainda ensinar ciências naturais a partir das relações entre Ciência e Sociedade.

Todavia, ainda que sejam importantes essas estratégias quanto a pluralidade, acreditamos que a epistemologia fleckiana tem a capacidade de abranger vários destes papéis da História da Ciência no ensino. Como exemplo, Fleck (1979, 1980, 2010) consegue realizar a intersecção dos aspectos internalistas e externalistas, tão discutidos na historiografia da ciência (a ser apresentada na próxima seção). Precisamos apenas, encontrar uma “didatização” da epistemologia fleckiana para o Ensino de Ciências, isto é, o seu uso instrumental (didático).

Primeiro, torna-se fundamental reconhecer que a ciência escolar é diferente da ciência dos espaços de pesquisa. O que nos faz refletir sobre uma linguagem apropriada para o espaço escolar. Desse modo, não vamos negar o processo de didatização de saberes, existindo diversas maneiras para realizá-lo.

Nesse sentido, Fleck (2010) comenta as diferenças de linguagem (ou expressões) utilizadas na ciência dos periódicos (ciência especializada), ciência dos manuais (livros técnico-científico, introdução ao Estilo de Pensamento especializado) e a ciência do livro didático (caráter social do conhecimento, o que mais se aproxima do saber popular).

Na ciência dos periódicos ocorre uma linguagem provisória e pessoal. Por esta razão, comumente pode aparecer as seguintes expressões: “tentei provar que[...]”, ‘parece ser possível que[...]’ ou ainda, de maneira negativa: ‘não se pôde comprovar que[...]’” (Fleck, 2010, p. 172). Vemos nitidamente o caráter provisório da ciência, a cautela com relação ao julgamento da existência ou não de um fenômeno, uma prudência com relação à certeza. Há também, a precaução do pesquisador individual para com o coletivo legitimado, sempre adequando seu trabalho (seus achados) ao Estilo.

De acordo com Fleck (2010, p. 165), a formação dos manuais (os livros técnico-científicos de universidades) ocorre por tráfego esotérico do pensamento, isto é, na discussão entre os especialistas, por meio de “métodos pedagógicos particulares”, contendo entendimentos ou controvérsias, mediante concessões mútuas e pressões recíprocas. Há um plano sobre os conteúdos que irão aparecer nos manuais: quais os conceitos mais fundamentais; quais os métodos mais utilizados; quais pesquisadores irão aparecer e quais terão apagamento. Por este

motivo, na História da Ciência presente nos manuais há consolidação de alguns cientistas em detimentos de outros, os quais também tiveram contribuições relevantes na construção do pensamento científico, mas seus nomes não receberam reconhecimento.

Tanto a ciência dos periódicos como a ciência dos manuais fazem parte da ciência especializada, e, portanto, do Círculo Esotérico. Contudo, a primeira se trata do setor dos profissionais especializados e a segunda dos profissionais gerais, até mesmo os iniciados na área (como os universitários).

Já a ciência escolar, na perspectiva fleckiana, aproxima-se de um saber popular, pertencente ao Círculo Exotérico, responsável pela formação da opinião pública, que irá retroalimentar o saber especializado. A ciência popular apresenta caráter de ciência simplificada, devido à característica apodíctica, ou seja, aquela evidente de maneira a transparecer segurança, acabamento e solidez. É marcada por ausência de detalhes ou de polêmicas e é esteticamente agradável, viva e ilustrativa. Graças ao repertório popular do saber, os conceitos especializados são formados. Além do mais, o objetivo do saber popular é a formação da visão de mundo, que irá determinar os traços gerais do Estilo de Pensamento. É importante cuidar da ciência escolar, pois esta representa o coletivo democrático do pensamento.

E mais, é necessário o diálogo na escola a respeito da utilização da História da Ciência, a ser pensada como um instrumento de transformação. Para que, então, seja explicada que há uma crise da modernidade de cunho político e o papel político-educacional da História da Ciência a partir desta crise. Também é necessária inovação curricular, a qual rompe com tradições didáticas já enraizadas, e reconhecer as diferentes ênfases curriculares que um conhecimento pode ter.

As bombas revelaram o lado ‘sombrio’ das ciências, que foi reforçado pelo reconhecimento dos impactos negativos à saúde e ao meio ambiente de produções científicas. O livro *Primavera Silenciosa*, escrito por Rachel Carson (2015) e lançado em 1962, é uma obra que marca a história dos movimentos ambientais ao mostrar os efeitos dos pesticidas. Para além do caso ali tratado, sua repercussão fez com que se passasse a desconfiar das ‘soluções científicas’ a diversos problemas da sociedade mesmo que hoje se critique alguns pontos apresentados pela autora, o livro acabou se tornando um emblema da necessidade de se pensar os impactos da ciência e tecnologia na sociedade (Gurgel, 2020, p. 341).

Nesse sentido, para o docente que ensina ciências não há como apresentar uma ciência deslocada do seu contexto social, dissociadas dos fatores políticos e/ou geopolíticos. A aprendizagem de conteúdos científicos não pode ser a única preocupação de professores de ciência. “Além dos conteúdos que podem ser considerados como produtos da ciência, também se considera importante aprender aspectos do processo de construção do conhecimento científico, inclusive sua interação com o contexto social” (Vidal; Porto, 2012, p. 294).

Conforme Moura (2020), uma maneira de promover a justiça social por meio do Ensino de Ciências é explorando a sua história. Assim, é possível analisar o modo de fazer ciências e como historicamente e atualmente, houve e há o apagamento de pessoas, classificação e segregação social.

Atualmente, estão em alta os estudos sobre as desigualdades de gênero na ciência, com especial notoriedade a Marie Skłodowska Curie (1867-1934) e seus obstáculos na carreira acadêmica por ser mulher e cientista²⁹.

Para contextualizar, Bolzani (2017) afirma que Marie Curie foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel, em 1903, na física; a primeira pessoa a ganhar dois Prêmios Nobel, sendo o segundo na Química, em 1911, e a única pessoa até hoje a receber dois Prêmios Nobel em duas disciplinas distintas. O reconhecimento científico ocorreu por suas contribuições no isolamento dos isótopos radioativos e na identificação de dois elementos químicos: o Polônio (Po) e o Rádio (Ra). As pesquisas científicas de Marie Curie possibilitaram a emergência de uma nova área na ciência, a radioquímica. Interpretando com base na epistemologia fleckiana, ocorreu a Emergência de um Fato Científico, pois este ramo abriu caminho para os estudos de substâncias radioativas e seus efeitos sobre a matéria, contribuições essenciais para a medicina nuclear e o acesso à tecnologia médica.

De acordo com a UNESCO (2003), dentre uma das novas missões para a ciência no século XXI engloba a igualdade dos gêneros nas atividades científicas, que corresponde a uma parte das tendências epistemológicas contemporâneas.

As dificuldades enfrentadas pelas mulheres, que representam metade da população do mundo, em ingressar e progredir numa carreira científica e de participar da tomada de decisões em questões científicas e tecnológicas, devem ser objeto de atenção urgente (UNESCO, 2003, p. 39).

²⁹ Marie Curie é uma grande personalidade da História da Ciência no século XX, seus trabalhos científicos podem ser conferidos no *Musée Curie*, por visita virtual. Disponível em: <https://musee.curie.fr/découvrir/exposition-permanente/visite-virtuelle>. Acesso em: 05 ago. 2025.

As mulheres enfrentam obstáculos tanto para ingressar quanto para avançar na carreira científica, em razão de barreiras estruturais históricas, como os papéis sociais tradicionalmente atribuídos a elas. Nesse sentido, não há tanto incentivo para que meninas e mulheres sejam cientistas, sendo a discriminação de gênero de maior incidência nas ciências exatas, incluindo na física e na química. Assim, Marie Curie é uma cientista de elevada estima para a representatividade feminina, a qual pode ser observada na FIGURA 6.

FIGURA 6 – Registro de um “Coletivo de Pensamento” (Congresso de Solvay de 1927): Marie Curie única representante feminina



FONTE: Google Imagens [fotografia de “Esquadrão do Conhecimento – In Física”], acesso em 04 de agosto de 2025.

LEGENDA: Um momento histórico icônico, a foto registra os cientistas que participaram do quinto Congresso de Solvay de 1927, realizado em Bruxelas na Bélgica, a reunião científica mais famosa do século XX. Marie Curie é a única representante feminina entre os cientistas de notoriedade da época.

Além disso, são crescentes as pesquisas com temática sobre mulheres que foram invisibilizadas no processo de construção do conhecimento científico, como foi o caso de Rosalind Franklin (1920-1958), que apresentamos no desenvolvimento da presente pesquisa na escola.

3.3 ASPECTOS DA HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA

Quanto ao caráter historiográfico, no início do século XX se pressupunha que a História da Ciência ocorria de forma contínua e acumulativa, como num processo

único, progressista e inevitável. Seguia-se uma trilha lógica das verdades sobre a natureza (Vidal; Porto, 2012).

Uma cadeira de História da Ciência na Universidade de Viena (conhecido como Círculo de Viena), ligada ao neopositivismo, valorizava pouco a historicidade. Tornando assim, a História da Ciência como mera descrição sobre os produtos desta. Vale ressaltar que o caráter positivista não acreditava na historicidade, especificamente no resultado do conhecimento científico como processo histórico. Mas, de acordo com Condé (2013, 2017), a historicidade afeta o próprio processo de construção do conhecimento científico, visto que o percurso histórico influencia na produção deste conhecimento³⁰.

O contexto histórico, cultural, político e social não era explorado ao se fazer a História da Ciência para o grupo do Círculo de Viena, composto por físicos, matemáticos, economistas e sociólogos interessados na ciência, quase todos alemães. Dentre alguns nomes estavam Moritz Schlick (1882-1936), Otto Neurath (1882-1945), Hans Hahn (1880-1934), Rudolf Carnap (1891-1970), Hans Reichenbach (1891-1953), que participaram da orientação neopositivista. De acordo com Beltran, Saito e Trindade (2014), além da Alemanha, o neopositivismo teve influência também na Inglaterra.

Os princípios da concepção científica do mundo estavam formados em primeiro lugar no pensamento empirista e positivista, existindo apenas conhecimento empírico baseado no imediatamente dado. Assim, era possível delimitar o conteúdo da ciência legítima. Nesse sentido, questões relacionadas ao realismo ou não realismo constituíam parte da metafísica, visto que algo é “real” quando está enquadrado na estrutura total da experiência (experimento). Em segundo lugar, a concepção científica do mundo se caracteriza pela aplicação de um método de análise lógica, com objetivo de se alcançar uma ciência unificada. Inclusive, o representante Ernest Mach (1838-1916) esforçou-se para “purificar” a ciência empírica, principalmente a física, de ideias metafísicas. Assim, a origem da unidade do Círculo de Viena ocorreu por meio da atitude especificamente científica. E mais, caracterizou-se como uma atitude não apenas livre da metafísica, mas especialmente antimetafísica (Hahn; Neurath; Carnap, 1986).

³⁰ Condé, M. L. L. Introdução: a ciência tem história, parte II, Curitiba, Escola Paranaense de História e Filosofia da Ciência, Universidade Federal do Paraná, 2013, 1 vídeo (1h7min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bQiAe3i97eE&t=4114s>. Acesso em: 13 out. 2024.

Desse modo, no Círculo de Viena era dada ênfase exclusiva aos aspectos internos da ciência, tal como a “revolução” de teorias e conceitos científicos. No entanto, nos anos de 1930, começam a ser problematizados a influência dos aspectos sociais no desenvolvimento do conhecimento.

[...] A abordagem externalista fez com que os aspectos como religião, cultura, política e ambiente social, fossem com o passar do tempo definitivamente incorporados à historiografia da ciência de tal forma que o conflito entre “internalismo” e “externalismo” se encontra, hoje, inteiramente superado entre os historiadores da ciência, com o reconhecimento de que ambos os aspectos são necessários para a compreensão do pensamento científico ao longo da história (Vidal; Porto, 2012, p. 294).

Todavia, foram os debates sobre os impactos sociais, políticos e econômicos da ciência na sociedade que protagonizaram a rivalidade de concepções entre internalismo *versus* externalismo (Condé, 2017).

O filósofo Alexandre Koyré (1892-1964) teve o papel mais emblemático a respeito da defesa do internalismo na História da Ciência. Embora comumente seu manifesto internalista esteja associado ao platonismo, com ênfase nas disciplinas suscetíveis de idealizações da matemática ao sensível, Barra (2015) menciona que Koyré teria uma tendência hegeliana. Esta, por sua vez, relaciona-se à crítica de Hegel sobre a “história exterior” da filosofia, sendo que a exterioridade de Hegel não tem correlação à exterioridade criticada por Koyré quanto aos escritos sobre os fatores externos à ciência. Mas sim, direciona-se as filosofias individuais, particulares, como os graus de desenvolvimento de uma ideia, que explicam a unidade de pensamento.

Dessa forma, Silva (2015a) explica que o internalismo foi muito difundido até meados de 1960, e que Koyré foi conhecido, e rotulado, como internalista “platônico”, por estudar o pensamento, isto é, o plano das ideias. Koyré analisava o pensamento científico humano, inclusive o contexto cultural. Também apreciava o estudo em torno do pensamento religioso, tendo estudado até o pensamento de Lutero e Calvino, dentre outros autores de cunho “religioso”. Mesmo assim, Koyré foi (re)conhecido como um dos principais defensores da corrente internalista. Apreciou o pensamento científico contido em Descartes, o qual o influenciou a seguir as mesmas lógicas cartesianas.

Além disso, Silva (2015a) defende que mesmo que, atualmente, seja considerado como superado, ou ultrapassado, Alexandre Koyré poderia sim ser

utilizado para a história da ciência. Uma das provas de defesa é o fato que Koyré inspirou Thomas Kuhn, o qual utilizou suas ideias sobre revolução do pensamento científico, a partir da lógica matemática e da física clássica. Por exemplo, Koyré (2002) realizou um compilado a respeito da história do pensamento científico, analisando artigos desde o aristotelismo e platonismo na Filosofia da Idade Média, as contribuições científicas da renascença, até Galileu e a Revolução Científica do século XVII.

Desse modo, Kuhn participou, inicialmente, de uma tradição de ciência “revolucionária”, tendo Koyré como influência. Inclusive, segundo Condé (2018), um aluno e orientando do historiador e filósofo americano afirmou que o próprio confessou em sala de aula que recebeu tal influência de Koyré em sua vida acadêmica.

Embora Condé (2023) comente que autores de perspectiva “revolucionária”, originalmente, compreendem a emergência da ciência moderna como um fenômeno de ruptura total da modernidade com o pensamento clássico e medieval. Em outras palavras, Koyré entende a ciência moderna, desde Galileu Galilei (1564-1642) até Albert Einstein (1879-1955), como uma só ciência. Ao passo que, Kuhn “eterniza” a dinâmica do processo revolucionário demarcando mudanças de pensamentos, a exemplo da ruptura entre Newton e Einstein, isto é, da física clássica à física moderna, respectivamente.

Um exemplo clássico, citado por Kuhn (1957, 1989) foi a “revolução” de Nicolau Copérnico (1473-1543), que marcou a ciência ocidental por sua teoria heliocêntrica em contraposição à geocêntrica. Além do nascimento da astronomia moderna, a revolução copernicana proporcionou mudanças no pensamento teológico, modificando o imaginário da época sobre a relação entre os seres humanos e Deus. Mais tarde, os trabalhos de Copérnico influenciaram a Galileu Galilei.

Na perspectiva kuhniana, baseada em A Estrutura, é potencializada a ideia de revolução científica ao compreender cada novo avanço substancial do conhecimento como uma nova revolução científica. Desse modo, nesta compreensão a revolução para Kuhn (2011) implica em descontinuidade e, consequentemente, na incomensurabilidade (incompatibilidade), que envolvem as partes descontínuas. Vale lembrar que após críticas, Kuhn (2017) refina seu pensamento acerca da

“revolução”, a explicando como mudanças conceituais parciais. As explicações primeiras sobre as revoluções científicas, fizeram gerar um grande problema na teoria da ciência kuhniana, uma vez que aspectos históricos são contínuos, possuindo mudanças lentas e gradativas. Apesar de Kuhn iniciar na tradição historiográfica revolucionária, gradativamente foi mudando seu posicionamento para a vertente “evolucionária”, proveniente da ideia de evolução da Biologia, aproximando-se cada vez mais à epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010), originalmente escrita em 1935.

Apesar da influência da filosofia de Koyré sobre Kuhn, por meio da tradição de ciência “revolucionária”, nossa intenção não é defendê-la, apenas discuti-la em aspectos de historiografia da ciência. Haja vista que Koyré foi um representante do internalismo na produção científica, o que trouxe fundamento para a ciência neopositivista e, posteriormente, grande discussão para a epistemologia da ciência.

No papel de historiador da ciência, conforme Calazans (2015), Koyré comprehende alguns casos de “Revolução Científica”, como o exemplo da física de René Descartes (1598-1650) que se tornou o projeto científico newtoniano. Ou seja, Newton obteve sucesso na física, graças ao legado deixado por Descarte. O pensamento científico com vistas à revolução científica utiliza a matematização da ciência, o qual Koyré admira como Descartes conseguiu reduzir a ciência à geometria, unificar a física celeste e a terrestre, e considerou a metafísica como suporte para a construção, não a negando.

Segundo Salomon (2010), na concepção koyreniana, a ciência é a racionalidade que organiza fatos e experiências. Assim, a natureza estaria escrita em linguagem matemática, sendo sua estrutura teórica como uma espécie de *mathesis universalis* cartesiana, justificando-se como internalista, longe de influências de contextos sociais. Desse modo, Koyré foi o maior crítico da concepção externalista sobre a ciência (Condé, 2017).

Com efeito, a concepção de história da ciência formulada por Koyré guardará uma estreita relação com as suas convicções sobre os fundamentos da matemática enquanto uma ordem *a priori* que rege toda a possibilidade do conhecimento. A ciência é, para ele, a *mathesis universalis* de Descartes, a matemática de Galileu, mas nunca o empirismo de Bacon. De acordo com Koyré, o empirismo baconiano fundamenta a ciência no registrar, classificar e colocar em ordem os fatos (Condé, 2017, p. 37).

Desse modo, tendo como base o realismo matemático, Koyré se tornou muito crítico quanto a real importância dos aspectos técnicos e sociais (externalismo). Ademais, na concepção Koyreniana, a ciência é a teoria que orienta nossa visão do mundo físico. Nesse sentido, não é a experiência que dita as normas, mas é a teoria que organiza e orienta a experiência. Forma-se, então, uma nova perspectiva de análise da ciência para justificá-la, baseando-a na teoria sobre a prática (Condé, 2017).

De modo geral, a corrente internalista, proposta por Koyré, definiu a ciência como teoria que orienta a experimentação. Estabelecendo-se, nesse caso, o primado da teoria sobre a experiência, bem como da Ciência sobre a Tecnologia. Como exemplo, “Na Grécia, a técnica era rudimentar e a física inexistente. Após a modernidade ter criado a física abriram-se as condições para o surgimento da tecnologia e, por consequência, para os impactos tecnológicos daí advindos” (Condé, 2015, p. 255).

Dessa forma, na compreensão de Koyré existe a prioridade da teoria sobre os fatos, práticas ou técnicas, por meio do entendimento das leis universais. Assim, aspectos tecnológicos ou sociais não teriam sido definitivos para a formação da ciência moderna, mas sim seriam derivados de mudanças teóricas, influenciadas pelas convicções metafísicas e pela teologia (Machado, 2016).

Já a perspectiva externalista, tentou explicar como os aspectos sociais estão inseridos na produção do conhecimento científico, visões macroscópicas da natureza social, porém sem analisar características linguísticas, tais como “aspectos cognitivos, linguísticos e simbólicos do mecanismo social da produção do conhecimento científico” (Condé, 2017, p. 56).

Segundo Silva (2015b), autores como Boris Hessen (1893-1936), Robert K. Merton (1910-2003) e Edgar Zilsel (1891-1944) se opuseram ao conceito de internalismo da ciência. Boris Hessen, por exemplo, foi o responsável pela origem da defesa de conceitos externalistas, ao explicar que a ciência newtoniana se preocupou com os aspectos econômicos (como apresentado no início deste capítulo). Já Robert K. Merton, em maior proporção, apresentou uma visão weberiana³¹, conhecida mais tarde como a Sociologia da Ciência. E por fim, Edgar

³¹ “A teoria weberiana considera as organizações como sistemas burocráticos, que constituem o ponto de partida para sociólogos e cientistas políticos no estudo das organizações” (Morais; Maestro Filho; Dias, 2003, p. 57).

Zilsel teve “uma leitura da ciência moderna atrelada ao surgimento do capitalismo” (Silva, 2015b, p. 106).

Edgar Zilsel³² foi um autor inserido no Círculo de Viena, no entanto suas ideias foram contrárias ao neopositivismo. Sua tese³³ é uma explicação para a emergência da ciência moderna, segundo a qual o nascimento do capitalismo permitiu a interação entre artesãos e os acadêmicos das universidades. Os artesãos eram iletrados e menosprezados pelos acadêmicos que ignoravam as atividades práticas, uma vez que se pensava o conhecimento como algo contemplativo. Contudo, alguns artesãos, como os artistas e engenheiros, começaram a necessitar de conhecimentos além dos práticos para seus trabalhos, a exemplo de Leonardo da Vinci (1452-1519), que como engenheiro e tecnólogo utilizou uma abordagem prática e empírica para produção de desenhos e maquetes para fins de construção civil (Condé, 2017), (Boucheron; Giorgione, 2014).

Leonardo da Vinci usou a natureza experimental dos seus desenhos para reproduzir projetos de máquinas para os mais variados fins: produção cênica para teatro, máquinas de construções civis, guindastes para levantar pesos, serra hidráulica, equipamentos de guerra, como tanques com foices. Outro estudo realizado por Leonardo da Vinci, tem relação à resistência do ar, no qual projetou o paraquedas e imaginou máquinas para voo, inspirado nas asas de aves e insetos. Da Vinci estudou também os seres vivos, a natureza, e interessou-se por anatomia para recriar diversos artefatos (Boucheron; Giorgione, 2014).

Historiadores de perspectiva social compreenderam a emergência da ciência moderna como um fenômeno muito mais complexo que contou com a participação de outros agentes históricos, dentre eles pessoas do povo, como artesãos, marinheiros, ferreiros, ceramistas, relojoeiros, construtores de instrumentos musicais; enfim, uma variada gama de trabalhadores manuais que, com seu labor e conhecimento prático do mundo, contribuíram não apenas para a configuração de um novo contexto histórico, social e econômico no qual foi possível o surgimento da ciência moderna, mas também tiveram uma grande importância na própria estruturação do conhecimento científico e a consequente formação da ciência moderna (Condé, 2017, p. 45).

³² Condé, M. L. L. Introdução: a ciência tem história, parte II, Curitiba, Escola Paranaense de História e Filosofia da Ciência, Universidade Federal do Paraná, 2013, 1 vídeo (1h9min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bQiAe3i97eE&t=4114s>. Acesso em: 13 out. 2024.

³³ A “tese de Zilsel” foi na realidade um projeto de pesquisa sobre as origens sociais da ciência moderna que não puderam ser produzidas por causa de sua morte precoce.

Os produtos tecnológicos, como aparatos técnicos e instrumentais, junto com as práticas sociais, possibilitaram na visão de Zilsel, de acordo com Condé (2017), um ambiente propício ao desenvolvimento da ciência. Assim, a junção da técnica ao saber da *episteme*, seria a responsável pelas transformações na vida moderna. Portanto, estas transformações “foram operadas não apenas por teorias científicas como as de Copérnico, Kepler ou Galileu, mas também pelas crescentes inovações tecnológicas surgidas a partir do século XIV e consolidadas na modernidade” (Condé, 2017, p. 53). Por meio destas perspectivas relatadas na ideia de Zilsel, consolidaram-se condições para comprovação da própria teoria e solidificação da ciência experimental.

Ainda que tenham encontrado aspectos metodológicos para entendimento sobre as questões sociais e tecnológicas na produção do conhecimento científico, o debate internalismo *versus* externalismo não encontrou solução para as questões epistemológicas. Por exemplo, Zilsel explicou que a formação da ciência moderna ocorreu por causa dos fatores sociais, econômicos e tecnológicos. Contudo, o historiador social não conseguiu responder indagações de Koyré sobre porque engenheiros romanos, conhecedores de muitas técnicas não produziram a ciência. Condé (2017) esclarece que o que faltou ao império romano foi o não desenvolvimento de uma linguagem mais abstrata, que pudesse auxiliar na complexidade do cálculo integral e diferencial por exemplo, ou da própria linguagem científica.

Com efeito, a ciência jamais poderia surgir com os engenheiros romanos, mas não pelas razões (metafísicas) elencadas por Koyré. Portanto, entre os romanos, não faltou propriamente uma “atitude metafísica” ou uma teoria científica baseada no realismo matemático, mas faltaram práticas sociais com a complexidade “suficiente” para estabelecer o lócus institucional, criar ideias, teorias, técnicas, objetivos e, assim, possibilitar a emergência da ciência (Condé, 2015, p. 274).

As questões colocadas por Koyré sobre o império romano dizem respeito a um por que metafísico, e não a um por que histórico com possíveis respostas aos aspectos externos da ciência. Ademais, Koyré valorizou a autonomia da ciência em relação as práticas sociais. Na afirmação koyreniana, um objeto teórico pode tornar-se um objeto prático. Desse modo, para Koyré, o relógio é muito mais que um objeto tecnológico, pois por trás dele há toda uma concepção científica que o antecede.

Nesse sentido, a criação do relógio deve-se muito mais aos cientistas como Galileu, Huggens e Hooke que a técnicos/tecnólogos (Condé, 2015).

Entretanto, Zilsel não teve argumentos e até mesmo forças para resistir ao embate que se iniciava no cenário científico. Posteriormente, Merton continuou a desenvolver a Sociologia da Ciência. De acordo com Schwinden (2010), o sociólogo, em 1938, trouxe a afirmação de que o impulso para as questões científicas era gerado fora da esfera acadêmica, mais precisamente nas questões sociais. Dessa maneira, o que está por trás da ciência são as defesas ideológicas voltadas à sua purificação, como uma espécie de proteção das atividades científicas contra interferências externas. Assim, se formou as ações antimetafísicas dentro da concepção positivista de ciência.

Transpondo³⁴ o embate “internalismo” *versus* “externalismo” numa abordagem em Ensino de Ciências, Delizoicov e Auler (2011) argumentam sobre a não neutralidade da Ciência e Tecnologia (C&T) no contexto espaço-tempo, visto que há duas dimensões que se articulam de maneira indissociável. Uma delas relacionada à gênese das demandas da C&T e outra, com as respostas para os problemas científicos, gerado destas demandas.

Ademais, para além dos aspectos internos e externos à ciência, nasceu a dicotomia “descoberta” *versus* “justificativa”.

Os empiristas lógicos tinham por objetivo substituir a filosofia tradicional, de cunho metafísico, por uma nova concepção da filosofia, entendida como a atividade de analisar a linguagem científica tendo como ferramenta de análise a nova lógica matemática (Cupani, 2009, p. 16-17).

De acordo com Cupani (2009), os empiristas lógicos e os racionalistas críticos não se interessavam pelas circunstâncias em que as ideias científicas surgiam, mas sim pelo procedimento em que essas ideias foram consideradas válidas. Nesse sentido, não é de interesse para estes pensadores, do ponto de vista filosófico, as condições de como a teoria da evolução, por exemplo, foi proposta. Se por um cientista inglês chamado Charles Darwin, que viveu no século XIX, que trabalhou num meio social e profissional específico, entre outros fatores.

Importava apenas as razões pelas quais a comunidade científica aceitou (e aceita) a teoria darwiniana como verdadeira. As indagações filosóficas teriam sido as

³⁴ A palavra “transpondo” proveio do termo “transposição didática”, na qual se refere ao processo de transformar um objeto de saber em um objeto de ensino, conforme Chevallard (1998).

mesmas caso a teoria da evolução das espécies tivesse sido proposta por outra pessoa, mesmo em circunstâncias distintas. Para respaldar essa defesa, os empiristas lógicos alegaram que a teoria da evolução foi concebida simultaneamente por outro pesquisador: Alfred Russel Wallace (1823-1913).

Cupani (2009) menciona que o contexto da justificativa é chamado também de contexto de verificação. E mais, Schwinden (2010) comenta que Hans Reichenbach (1891-1953) diferencia a Psicologia da Epistemologia. Dessa forma, para Reichenbach a Psicologia se preocupa com a descrição dos processos de pensamento da forma como aconteceram realmente. Tal perspectiva se refere ao contexto da descoberta. Já a Epistemologia, por sua vez, tem a preocupação de reconstruir os processos de pensamento da maneira como deveriam ocorrer se fossem organizados em sistema coerente. Essa última perspectiva se refere ao contexto da justificativa.

Reichenbach devia presumir que as regras da lógica e as leis da natureza são estáveis e de alguma maneira absolutas, para permitir a validação do conhecimento. Sem dúvida, esse é um dos elementos que fundamentam a separação do contexto de justificativa em relação ao contexto de descoberta e, consequentemente, a separação e autonomia da Epistemologia em relação a ciências como Psicologia, a Sociologia, e a História (Schwinden, 2010, p. 39).

A dicotomia “descoberta” *versus* “justificativa” iniciou-se, de acordo com Nogueira (2012), quando Hans Reichenbach (1891-1953) lançou a obra “Experiência e Predição”, em 1938. O “contexto da descoberta” referia-se aos aspectos externos da ciência, abrangendo a diversidade de inspirações decorridas das experiências vivenciadas no cotidiano, incluindo fatores sociais e psicológicos. Já o “contexto da justificativa”, representando o interior da ciência, faz referência às proposições criadas pelo cientista após justificar racionalmente quais condições podem ser classificadas como “verdadeiras” ou “falsas”. Essa avaliação seria realizada por meio das provas de verificação conduzidas pelo pesquisador.

Nesse sentido, a fonte do conhecimento para um empirista é a **experimentação**. Assim, tanto a fonte do conhecimento como sua justificação estão na experimentação. Dessa premissa, a partir de Francis Bacon (1561-1626), emerge o passo a passo da justificação:

1) Os cientistas realizam experimentos, cujos resultados reproduzem certa regularidade de um fenômeno natural;

2) Realizam-se novos experimentos controlados e rigorosos. Nesse caso, variam-se as condições iniciais do experimento em questão a fim de validar a regularidade natural;

3) Checam-se os resultados, podendo ser positivos com confirmação das hipóteses iniciais, ou negativos, isto é, os experimentos não confirmam as observações iniciais. Podem ocorrer ainda, resultados com instâncias neutras onde não há confirmação tampouco refutação das hipóteses prévias. No entanto, caso as instâncias positivas sejam numerosas e significativas, os cientistas por meio da generalização inferem uma regularidade e enunciam uma lei da natureza. Na perspectiva da justificação, um método seguro para produção do conhecimento é gerado.

Conforme Nogueira (2012), nas “ciências formais” as conjecturas fazem menção aos padrões de racionalidade, pela lógica e pela matemática. Para as “ciências empíricas”, o cientista reduziria as proposições para então averiguar se as situações registradas ocorreriam, ou não, na realidade. Em resumo, os aspectos internalistas estariam dedicados ao “contexto de justificativa”, tendo como base uma tradição “positivista” da filosofia da ciência. Enquanto os aspectos externalistas estariam ligados ao “contexto da descoberta” da filosofia da ciência, alinhada à psicologia, história e sociologia da ciência.

Marcando o início da Nova Filosofia da Ciência, Karl Popper ousou “sofisticar” o método científico. Nesta visão, na investigação científica ocorre o conhecimento objetivo, o qual comprehende que o cientista sempre parte de uma estrutura já consolidada, um conhecimento anterior. Assim, formula-se um problema, em seguida propõe-se uma hipótese para sua explicação. Toda hipótese precisa ser falseável empiricamente, ou seja, a hipótese necessita especificar situações empíricas que podem mostrar por si mesma não ser adequada. Ainda que criticasse a concepção empírico-indutivista, Popper não se desfaz do fundamento do método científico e do contexto da justificativa. Ademais, outros epistemólogos trouxeram o contexto da descoberta e debates sobre a Sociologia da Ciência. Dentre estes, Thomas Kuhn, que contribuiu para a divulgação da obra fleckiana.

Conforme Condé (2017), a epistemologia de Kuhn tentou solucionar o embate científico “internalismo” *versus* “externalismo” por meio da historicidade da ciência.

Em sua obra, “A Estrutura das Revoluções Científicas”, de 1962, Thomas Kuhn propõe uma “solução de convergência”, onde instaura uma harmonia entre o internalismo e o externalismo por conciliação, ou por negociação. Assim, as diferentes visões de mundo seriam transformadas em pontos de vista dependentes, complementares entre si, ambas de igual importância. No entanto, a “solução” de Kuhn manteve a bipartição original da divisão de Reichenbach, porém de forma maquiada. Nos conceitos kuhniano, a “ciência normal” seria o predomínio da tendência internalista (contexto justificativa) e, a “ciência revolucionária” seria a tendência externalista, isto é, o contexto da descoberta (Nogueira, 2012).

Um resumo da evolução da epistemologia da ciência ao longo do século XX e início do século XXI é apresentado na FIGURA 7.

Figura 7 - A Evolução da Epistemologia da Ciência

Evolução da Epistemologia da Ciência nos Séculos XX e XXI



FONTE: Autoria própria (2025) e ®Google Imagens.

LEGENDA: Da esquerda para direita, o Positivismo Lógico foi a concepção de ciência predominante no início do século XX, sendo os desdobramentos desta concepção bem consolidada no Ensino de Ciências até nos nossos dias. Representando este momento, há a imagem de alguns membros do Círculo de Viena e uma figura gerado por IA contendo as palavras lógica: linguagem, experiência. A seguir, há uma foto de cientistas reunidos no Congresso de Solvay de 1927, onde Albert Einstein e Niels Bohr disputaram a controvérsia científica mais emblemática do século XX, a respeito da interpretação da mecânica quântica sobre o Princípio da Incerteza de Heisenberg e da natureza dual onda-partícula. Embaixo, foi escolhido uma imagem sobre a catástrofe do ultravioleta para lembrar as mudanças na ciência devida construção da teoria quântica. Marcando a Nova Filosofia da Ciência, foram adicionadas imagens de alguns epistemólogos, que se opuseram ao Positivismo Lógico e que permaneceram conhecidos da História, Filosofia e Sociologia da Ciência: Popper, Lakatos, Kuhn e Feyerabend. Por fim, para representar a Sociologia da Ciência, há as fotos de Bloor e Latour.

O período referente a David Bloor (1942-82anos) e Bruno Latour (1947-2022) por vezes é chamado de construtivismo social, ou *Science Studies* (Estudos da Ciência), ou Estudos Sociais da Ciência, ou Sociologia do Conhecimento Científico. Neste último, podemos perceber o aumento da complexidade e das explicações sociais no que envolve a construção do conhecimento científico.

Os aspectos historiográficos discutidos nesta seção propuseram-se a atender à epistemologia de Fleck. Por este motivo, o período histórico relacionado diz respeito ao início do século XX, em particular até a década de 1960. Após essa data, entra no cenário científico a obra kuhniana que se tornou um destaque na Educação Científica e Tecnológica no mundo ocidental e acabou por ofuscar a potencialidade da obra fleckiana para o Ensino de Ciências.

3.4 DIFERENCIAL DA EPISTEMOLOGIA DE FLECK PARA A HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA

Anteriormente a Thomas Kuhn, só que conhecida apenas depois dele, a epistemologia de Ludwik Fleck (que será vista no próximo Capítulo) também ajuda a solucionar a dicotomia de Reichenbach, com proposições ainda melhores que as orientações kuhnianas (Nogueira, 2012, 2021). Em relação à historicidade da ciência, utilizada tanto na epistemologia de Kuhn como na de Fleck, é necessário reconhecer a influência dos contextos culturais na produção de conhecimento. Fleck, inclusive, encontrou nos aspectos sociais e históricos, os mecanismos para a produção do conhecimento científico (Condé, 2017).

O fenômeno da historicidade do conhecimento científico é fruto, não apenas dos desenvolvimentos e impactos da ciência, mas também de uma compreensão mais detalhada desse processo realizada pelos diferentes profissionais que tomaram a ciência como objeto de estudo. Pelo início do século XX, com a exceção dos cientistas, quase que apenas os filósofos tinham interesse pela ciência. Mas hoje o quadro é bem diferente. O interesse de diversos profissionais na atividade científica como objeto de análise, talvez, faça que o foco da análise “transversal” sobre a ciência se concentre muito mais na sua história do que propriamente na sua filosofia. Deste modo, talvez a história da ciência tenha passado a ser central na articulação das muitas disciplinas que colaboraram para uma reflexão transversal sobre o processo de produção do conhecimento científico (Condé, 2017, p. 21)

Segundo Nogueira (2012, 2021), a epistemologia fleckiana é uma possibilidade de superação da dicotomia “descoberta” *versus* “justificativa”. Contudo, num primeiro momento essa não pôde trazer solução para os embates científicos de sua época (referente aos anos de 1930) devido ao silenciamento pelo qual sua obra magna passou. Nesse sentido, a “popularização” da teoria da ciência de Fleck ocorreu muito recentemente, ao final do século XX. Mesmo de forma tardia, a obra fleckiana apresenta um rico potencial de contribuições epistemológicas que não foram ainda exploradas o suficiente.

Na obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, (Fleck, [1935] 1980, 2010), e no artigo “Sobre a crise da realidade”, de 1929, Nogueira (2012) afirma que Fleck, brilhantemente, traz a visão a respeito do binômio “verdade” e “realidade”. Assim, denuncia que na ciência as teorias recebiam tratamento como “corretas” ou “incorretas”, e o contexto da justificativa dependeria da atuação das influências vindas do cotidiano vivido na conjectura onde estariam inseridas o contexto da descoberta. Todavia, os parâmetros de julgamento “verdadeiro” ou “falso” emergem das práticas socialmente compartilhadas pela comunidade científica, ou seja, pelo Coletivo e Estilo de Pensamento.

Para Fleck (2010), de acordo com Nogueira (2012, 2021), é provável que não existam erros completos, tampouco verdades completas. Contextualizando para a divisão de Reichenbach, os resultados obtidos e testados pelo cientista equivalem as comprovações parciais, porque são aprovadas provisoriamente, de acordo com os padrões do Coletivo e Estilo de Pensamento vigente. Dessa maneira, é destacada a seguinte frase de Fleck, ao se referir às Protoideias: “[...] não estamos em condições de decidir se destacadas de seu contexto histórico, seriam corretas ou falsas, pois correspondem a outro coletivo e a outro estilo de pensamento” (Fleck, 2010, p. 67).

Após, Nogueira (2012) comenta o próximo trecho em Fleck: “para o pensamento científico de hoje são inadequadas; para seus criadores certamente eram corretas” (Fleck, 2010, p. 67). Dessa maneira, o discurso de Fleck faz referência a legitimação do que seria em termos conceituais definido por “verdadeiro” ou “falso”, pois para o Coletivo e Estilo de Pensamento de origem faziam sentido, mas para o Coletivo e Estilo de Pensamento atual não se pode julgar como erro.

Podemos argumentar diante das frases apresentadas, que Fleck estava certo de que as condições de “verdadeiro” ou “falso” para cada pesquisador estariam atreladas à coerção do Estilo de Pensamento do qual participa.

Apesar de apresentar ideias muito inovadoras que se contrapunham às correntes neopositivistas, Fleck investiu pouco grau de detalhamento acerca da dicotomia “descoberta” *versus* “justificativa”. De acordo com Nogueira (2012), Fleck imaginou que logo a divisão de Reichenbach estaria solucionada e não haveria mais o embate “internalismo” *versus* “externalismo”. Em seu livro, Fleck deixa uma nota direcionada a Carnap, pois supunha que em breve seu interlocutor neopositivista alteraria o Estilo de Pensar em relação ao embate da época. Contudo, a dicotomia não acabou e as ideias propostas no livro de Fleck não tiveram interlocutores na época, por várias razões que serão vistas adiante. Carnap estaria habilitado a identificar as polaridades (“descoberta” e “justificativa”) como unidade indistinta, o que lhe daria maior disponibilidade para perceber o “condicionamento social do pensamento”. No entanto, sob orientação neopositivista, a divisão de Reichenbach não foi refutada, nem para Carnap, tampouco para o Círculo de Viena.

O principal opositor à corrente neopositivista da época (anos 1930) foi Karl Popper (1902-1994). Contudo, tal epistemólogo oscila em interpretações ambivalentes, ora reunindo esforços para superar, ora para dar continuidade ao Círculo de Viena. Desse modo, Popper manteve algumas nuances do método científico, continuando a demarcação entre ciência e não ciência, além de defender a dicotomia “descoberta” *versus* “justificativa”. Em “A Lógica da Investigação Científica”, de 1934, Popper propõe uma “metodologia de eliminação de erros”, o que seria equivalente ao “filtro de seleção de Reichenbach” – contexto de justificativa – onde as teorias produzidas pelos cientistas são retiradas das impurezas, das interferências danosas (Nogueira, 2012, 2021).

Schäfer e Schnelle (2010) comentam que Fleck poderia ter sido um clássico da teoria da ciência assim como foi a obra “A Lógica da Pesquisa Científica” de Karl Popper (1934). Talvez este pudesse ter sido um interlocutor promissor para a obra fleckiana, mas devido às situações da Segunda Guerra, Popper emigrou para a Nova Zelândia.

A partir dos anos 90 do século XX, historiadores da ciência começaram a fazer uso conceitual de Fleck para a escrita da história da ciência. A partir dessa

premissa, seria possível visualizar tanto os aspectos internalistas da ciência, seja por questões teóricas e conceituais da atividade científica, como os aspectos externalistas, por meio dos processos históricos e sociais que envolvem a ciência.

Considerando estes novos elementos na construção da ciência, isto é, a junção do internalismo *versus* externalismo, o conhecimento científico pôde ser entendido como resultado de um pensamento coletivo e suas interações sociais situadas no tempo, sendo necessário salientar o caráter histórico desse conhecimento. Neste sentido, “Fleck utilizou a história da biologia e das ciências biomédicas para compreender como, epistemologicamente, se estabelece a metodologia que nos mostra a história da constituição do fato científico” (Condé, 2018, p. 156).

Embora a epistemologia fleckiana estivesse presente no movimento de Ensino de Ciências nos anos de 1990, conforme Guerra e Peron (2022), sob influências das tendências de História da Ciência e Ensino da ocasião, o uso instrumental da epistemologia de Kuhn foi muito mais acentuado. Dessa maneira, a obra fleckiana foi suprimida por “A Estrutura das Revoluções Científicas”. De modo que se popularizou Kuhn e não Fleck tanto na historiografia da ciência como nas abordagens dos educadores. Além disso, foi comum uma leitura kuhniana na obra de Fleck, e ambos foram considerados equivalentes quanto ao fator sociológico do conhecimento científico, mesmo que Kuhn a tenha recebido como herança de Fleck.

Fleck, sobretudo, considera que a ciência moderna é sempre uma atividade coletiva, uma vez que a produção e a validação de novos conhecimentos científicos não podem ser realizadas afastadas da sociedade ou da cultura. Formula-se, nesse contexto, o conceito de Coletivo de Pensamento (Condé, 2012).

A ciência moderna é produzida, a partir do olhar fleckiano, pelo trabalho coletivo.

Fleck nada mais é do que coerente quando, partindo de sua abordagem coletivista, ataca a historiografia das ciências que vincula os acontecimentos basicamente ao desempenho de pesquisadores isolados. O desempenho atribuído a um pesquisador como um avanço muitas vezes é o resultado de uma “racionalização”, que nada tem a ver com o processo efetivo. Para ele, as ideias surgem no tráfego de pensamentos de um coletivo de cientistas. Com essa posição, ele provavelmente se adapta melhor ao tipo de pesquisa moderna e organizada do que à concepção “monumentalista” da história, que ainda pode ser encontrada em Kuhn (Schäfer; Schnelle, 2010, p. 23).

Considera-se que Fleck³⁵ conseguiu compreender a relação entre ciência e sociedade, especialmente, porque incorporou conjuntamente, aspectos sociológicos, históricos e epistemológicos. Sendo assim, todo conhecimento seria decorrente das práticas sociais (Condé, 2017).

Em resumo, o diferencial da epistemologia de Fleck diz respeito à característica de historicidade da ciência contida em sua obra, que colocaria fim na dicotomia “contexto justificativa” *versus* “contexto da descoberta”, caso sua obra tivesse sido discutida à sua época. Assim, para Fleck (2010), de acordo com Condé (2017), a ciência é um produto social que se dá no tempo, depende de seu percurso histórico, a qual tem como base a matriz biológica e a teoria da evolução. Ademais, a epistemologia fleckiana traz a visão do binômio “verdade” e “realidade”, justificando que os parâmetros de julgamento “verdadeiro” ou “falso” emergem das práticas socialmente compartilhadas no interior do Coletivo e Estilo de Pensamento.

Ao conceber o conhecimento a partir dessa dimensão da historicidade, a epistemologia de Fleck ganha tons que o diferenciam das epistemologias tradicionais. A questão da objetividade do conhecimento, um problema central da epistemologia, tomada por esse enfoque da historicidade, por exemplo, é vista de um modo totalmente inovador. Diferentemente da tradição, em especial do Círculo de Viena, Fleck conceberá a relação entre o sujeito e o objeto como algo que é permeado por um terceiro elemento, o coletivo ou social [...] (Condé, 2017, p. 81).

E mais, o diferencial de Fleck é utilizar o Fato Científico como central na compreensão da ciência e sua história. Segundo Condé (2018), Fleck descreve uma alternativa ao modelo de ciência que era hegemônico no início do século XX, isto é, o modelo da física (clássica). Nesse período, ocorreu os limites da mecânica newtoniana e a emergência de novos saberes na física, proporcionando uma complicação (crise) na ciência e na sua epistemologia. Desse modo, Fleck estabeleceu uma analogia entre os processos biológicos e a teoria do conhecimento. No sistema de organização biológica, o ser vivo nasce, desenvolve-se, reproduz-se e morre, ou, eventualmente, realiza uma mutação.

A observação, por mais simples que seja, é influenciada pelo Estilo de Pensamento. Desse modo, o Fato Científico na concepção fleckiana possui relação com o Estilo, nos quais novos fatos podem ser encontrados com pensamento novo.

³⁵ A Escola Polonesa de Filosofia da Medicina, na qual Ludwik Fleck estava inserido, refletia sobre a natureza da atividade médica, bem como promovia o ensino de História e Filosofia da Medicina. Fatores estes, que puderam promover a Fleck, harmonização entre o pesquisador, enquanto estudioso e pensador, e seu estatuto profissional como médico.

O fato para Fleck (2010) tem relação entre o sujeito, o coletivo e a realidade objetiva (algo a ser conhecido), conceitos a serem retomados em profundidade no capítulo 3.

Em termos ontológicos, Fleck (1980, 2010) retrata que o Fato Científico pode ser variável, assim como o pensamento cognitivo do pesquisador, pois ambos estão concomitantemente sujeitos às transformações. Logo, o tornar-se objeto (*Objekt-Werden*) é uma concretização das formações de pensamento, sendo que a constituição do objeto se faz na passagem do indeterminado ao determinado.

Em outras palavras, constituir-se como objeto significa passar por esse processo de transformação do conhecimento e a ideia de formação ontológica aparece no construir o objeto, por isso “tornar-se” (*werden* traduzido do alemão significa tornar-se). Todavia há ainda uma segunda nuance para a interpretação ontológica. O objeto, ou Fato Científico, (*Objekt-Werden*)³⁶ significando “estar em desenvolvimento”, em sentido de evolução, supondo uma gênese e um desenvolvimento. Dessa maneira, o Fato está em constante movimento e transformação. Termos estes coerentes com a epistemologia fleckiana com base na biologia. Então, em sentido ontológico, o Fato pode ser criado, inventado, desenvolvido ou pode tornar-se a partir de uma ação, de um advento.

Em Fleck (1980, 2010), a constituição da sífilis como objeto emergiu da Conexão Passiva (ou Acoplamento Passivo), proveniente da percepção humana sobre a natureza (ou sobre fatos, ou fenômenos). Assim, o ato da constatação compete aos indivíduos, os quais são portadores do Estilo específico de pensamento, constituído no âmago do Coletivo de Pensamento.

Para além de Fato Científico, no sentido de tornar-se, o conceito Coletivo de Pensamento também pode ser analisado ontologicamente como pertencendo a um grupo, cujos princípios e valores ressoam na linguagem e nas ideias em comuns. Já que o pensamento humano pode vir a mudar, sendo relativo e não absoluto, este se constitui no Coletivo de Pensamento, sendo portador do Estilo de Pensamento.

³⁶ A palavra *Werden*, em maiúsculo, possui a tradução do alemão para português como: desenvolvimento, evolução, gênese. E ainda, *Werden im (sein)* significa estar em desenvolvimento. Assim, *Objekt-Werden* poderia ser traduzido como objeto em desenvolvimento.

³⁷ *O caráter factual da relação entre a sífilis e a reação de Wassermann reside nessa solução do problema, que, sob determinadas condições, oferece a maior coerção do pensamento com a menor participação do pensamento subjetivo.* Dessa maneira, esse fato representa, nos moldes do estilo, um sinal de resistência ao pensamento. Uma vez que o coletivo de pensamento é o portador do estilo de pensamento, podemos designá-lo, de maneira resumida, como “sinal de resistência do coletivo de pensamento” (Fleck, 2010, p. 148).

Resumindo, para Fleck (2010), tanto o pensamento humano como o Fato Científico (o objeto) é relativo, passível de transformação mútua. Nesse caso, é dispensado a característica de algo fixo na construção do conhecimento. E o Fato Científico é o centro da construção do conhecimento científico, em expressões epistemológicas e ontológicas. Até mesmo o conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento possui sentido ontológico ao significar pertencimento dos membros e, também, na essência de existir uma realidade subjetiva. O Coletivo de Pensamento é um organismo “vivo”, não apenas um agrupamento de pessoas representando uma instituição ou uma comunidade, mas sim o pensamento cognoscível (o estado do saber).

³⁷ *Die Tatsächlichkeit der Beziehung zwischen Syphilis und Wassermann-Reaktion liegt in einer solchen Lösung des Problems, die – unter gegebenen Verhältnissen – bei kleinsten Denkwilkürlichkeit den stärksten Denkzwang bietet.* Auf diese Weise stellt diese *Tatsache ein stilgemäßes Aviso des Denkwiderstandes* vor. Da das Trägertum des Denkstiles dem Denkkollektiv zukommt, können wir sie kurz als “denkkollektives Widerstandsaviso” bezeichnen (Fleck, 1980, p. 128-129).

The factuality of the relation between syphilis and the Wassermann reaction consists in just this kind of solution to the problem of minimizing thought caprice, under given conditions, while maximizing thought constraint. The fact thus represents a stylized signal of resistance in thinking. Because the thought style is carried by the thought collective, this “fact” can be designated in brief as the signal of resistance by the thought collective [denkkollektives Widerstandsaviso] (Fleck, 1979, p. 98).

4 FLECK E A NATUREZA DA CIÊNCIA

Neste capítulo, refletimos sobre os elementos da Natureza da Ciência (NdC) que podemos localizar na epistemologia de Ludwik Fleck, bem como apresentamos as razões para utilizarmos o fundamento teórico-metodológico de Fleck nesta pesquisa.

Em relação aos elementos da NdC, a epistemologia de Fleck nos auxilia a compreender visões mais adequadas acerca do conhecimento científico. Assim, é possível utilizar concepções de ciência que confrontem as visões ditas “ingênuas”, decorrente do ensino tradicional de ciências, comumente baseada na concepção empírico-indutivista. Nesta, costuma-se apresentar os produtos da ciência em detrimento dos processos de construção desta. Como exemplo, podemos encontrar contribuições na obra de Fleck para desmontes de visões não adequadas da atividade científica, já tão criticadas por autores da Educação em Ciências, tais como Gil-Pérez *et al.*, (2001), Matthews (1995, 2012).

Nesse sentido, entendemos que a epistemologia fleckiana, a qual foi construída a partir do percurso histórico de um Fato Científico, nos possibilita compreender vários aspectos relacionados à NdC, ou ainda às Características da Ciência. Como alguns desses aspectos, a potencialidade de nos fazer compreender que a ciência é construída social e coletivamente, e não por meio de atividades individuais de cientistas. Além de que a opinião pública pode influenciar nas decisões sobre o que é pesquisado na produção científica. Ou ainda, sobre qual emergência social a ciência deve se debruçar. Possibilita também, compreensões de que não há neutralidade no olhar do cientista, uma vez que a observação do sujeito/pesquisador é sempre influenciada por algum interesse pessoal ou coletivo, que pode ser desde o ponto de vista ético, até aos relacionados à teoria que orienta a sua interpretação sobre o objeto. E, neste caso, dito em termos fleckianos, a observação é influenciada pelo Estilo de Pensamento que ele compartilha e pelo Coletivo de Pensamento do qual o sujeito faz parte. Outro aspecto da epistemologia fleckiana é em relação aos modos de se fazer ciência, aos métodos.

Nesse sentido, Fleck também nos permite problematizar as metodologias usadas na ciência. Como por exemplo o “método científico”, que se contrapõe ao pluralismo metodológico. Tais discussões nos possibilitam compreender que o

conhecimento não é linear, pois existem muitos embates entre os cientistas, que podem levar às transformações no Estilo de Pensamento, ocasionando o desenvolvimento de outras teorias.

Portanto, ao analisar um Fato Científico na história da medicina, a saber: a sífilis, consideramos que Fleck apresentou um modelo epistemológico que pode servir para análise de outros episódios na História da Ciência. Em cada episódio, ocorrem explicitamente elementos da Natureza da Ciência, os quais podem proporcionar compreensões sobre contextualização histórica e social, emergência e desenvolvimento de um Fato Científico, circulação de ideias dentro do Coletivo e Estilo de Pensamento, dentre outros elementos.

Em síntese, na nossa compreensão, a epistemologia de Fleck pode nos ajudar a compreender como a ciência é construída ao longo da história. Ou seja, nos permite refletir sobre NdC.

Quando nos referimos à “Natureza da Ciência sob olhar fleckiano”, citamos a “ciência da ciência” a ser apresentada no ambiente escolar, por meio da epistemologia da ciência com base em Fleck (2010). Isto é, sob perspectiva evolucionista, creditando a importância do percurso histórico na construção do conhecimento científico, com entendimento que a ciência é social e, portanto, coletivamente construída.

Ainda há outras razões para utilizarmos os fundamentos teórico-metodológicos de Fleck (1979, 1980, 2010). Podemos citar a defesa da ciência contra governos autoritários, a exemplo do que Fleck alertou sobre o nazismo, visto que gestões políticas, e interesses econômicos, podem limitar o trabalho dos cientistas.

Há também a possibilidade de olharmos para a ciência a partir de um modelo distinto da física clássica, a mais usada pelos epistemólogos, como foi o caso de Thomas Khun. E, portanto, poder olhar para a história da Química a partir de outra perspectiva, uma vez que a epistemologia fleckiana é baseada na matriz biológica, coincidindo em certos pontos com a Filosofia da Química.

Em especial, há as questões controversas entre realismo *versus* empirismo das entidades químicas, tais como “átomos” (e o antiatomismo), citado por Pereira e Silva (2018) e Pereira *et al.* (2021); “ligações químicas”, contendo análise a partir da epistemologia de Fleck, dissertado em Souza (2020), e, o conteúdo sobre os

“orbitais” discutido em Gandra, Soares e Pastoriza (2024). A partir destes exemplos, no Ensino de Química, é possível compreender os debates sobre as “entidades químicas” em certos Estilos de Pensamento e como estas são aceitas dentro de um coletivo de químicos que as legitima.

Do mesmo modo, o sentido da controvérsia entre realismo *versus* empirismo, pode ser interpretado na forma como diferentes Coletivos de Pensamento constroem e sustentam as práticas químicas.

Em relação à utilização da epistemologia fleckiana na Educação Científica e Tecnológica, Löwy (1994) discute que Fleck (2010) pode mostrar que os fatos científicos são produtos de “comunidades científicas” (de Coletivos e Estilos de Pensamentos), úteis para compreensão das controvérsias químicas.

Há ainda, a possibilidade de articulação entre a epistemologia de Fleck (2010) e a Teoria Social da Aprendizagem, explicada por Moreira (2011, 2018), sendo possível aproximar a teoria do conhecimento de Fleck com o ensino e aprendizagem de conceitos e processos científicos (Souza *et al.*, 2023).

Sobre esse aspecto, argumentamos que Fleck toma a dimensão social como o ponto de partida de sua teoria do conhecimento, sendo o cerne do seu trabalho os conceitos de Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento, uma vez que “sem condicionamento social simplesmente nenhuma cognição é possível” (Löwy, 1994, p. 41). Nessa perspectiva, os três componentes do ato de cognição estão inseparavelmente conectados, existindo entre o sujeito e o objeto um terceiro elemento, que corresponde ao estado do conhecimento.

Ademais, tendo o conhecimento a dimensão do contexto social e histórico, permeado pelos Coletivos e Estilos de Pensamentos, Fleck se posiciona ao descrever que o conhecimento tem uma dimensão política e devemos estar sempre atentos ao mau uso do saber por forças políticas repressivas e conservadoras. Fleck se referia ao nazismo, que, infelizmente, o levou para o campo de concentração e sua sobrevivência ali beirou o milagre, graças aos seus conhecimentos sobre a produção da vacina contra o tifo (Löwy, 1994), (Condé, 2012).

O alerta é o de que, infelizmente, nunca estamos livres da possibilidade de experiências trágicas como as que conduziram Fleck ao campo de concentração. O conhecimento é o instrumento que pode nos afastar dessas posições antidemocráticas (Condé, 2012, p. 8).

Por todas as razões apresentadas, escolhemos a epistemologia fleckiana como direção para a abordagem em História, Filosofia, Sociologia da Ciência (HFSC) no Ensino de Química, porque para além da sua rica teoria do conhecimento, podemos encontrar suporte em Fleck para resistirmos aos governos autoritários, e assim podemos refletir sobre o governo que tivemos no Brasil nos últimos anos. Ter essa consciência sobre a não neutralidade do conhecimento, e a possível influência política na produção científica, é essencial para a preservação da vida.

A exemplo do que podemos ver na história da ciência do século XX, com relação ao Projeto Manhattan, de produção da bomba atômica. Assim, pela soberania do estado americano, duas bombas atômicas foram lançadas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, matando milhares de pessoas civis e deixando muitas outras sequelas aos sobreviventes e suas futuras gerações. Consequentemente, muitos questionamentos éticos surgiram junto à comunidade externa à ciência, o que levou dúvidas sobre os benefícios da atividade científica.

À frente de seu tempo, Fleck deixou um legado, isto é, sua tese epistemológica, que ainda pode ser mais bem explorada, com muitas possibilidades de estudos para a área de Ensino de Ciências.

Em termos epistemológicos, Fleck foi visualizado muitas vezes a partir do olhar kuhniano, uma vez que o médico se tornou conhecido do grande público por meio do lançamento da obra “A Estrutura das Revoluções Científicas”, como já mencionado nos capítulos anteriores. Embora a obra kuhniana também pertença à escola da Nova Filosofia da Ciência, que se contrapôs ao neopositivismo, Kuhn utilizou a concepção de ciência “revolucionária”, trazendo a ideia de “paradigma”, massivamente conhecida do público geral, mas que nos prende à ideia de “incomensurabilidade”.

De acordo com Condé (2012), precisamos mudar a concepção de “revolução” pela de “mutação”, bem como o pensamento sobre “paradigma”, pois presos à “incomensurabilidade” não vamos enxergar o processo evolutivo do conhecimento, o qual é lento e gradativo. Nesse sentido, precisamos pensar com o diferente, sendo que um novo pensamento pode sim se articular com o pensamento anteriormente consolidado, já que o Estilo de Pensamento possui essa porosidade, permitindo interações e convergências das ideias, práticas e ações com outros grupos e até mesmo outros Estilos de Pensamentos.

Comparativamente, Kuhn ensinou a ciência a partir de episódios históricos demarcados, priorizando as “revoluções científicas”, como a nova química de Lavoisier, que se contrapôs à Teoria do Flogisto.

Já Fleck olhou para a ciência a partir da percepção médica, com viés para o patológico, o não saudável, já que na medicina não se repara as regularidades, mas sim as irregularidades (Massoni; Moreira, 2015). Como exemplo, o médico polonês pesquisou sobre a doença sífilis com percurso histórico de cinco séculos, desde final do século XV até meados do século XX.

Além disso, a ciência no início do século XX passou por efervescentes mudanças, da física clássica para a fase da mecânica quântica e da relatividade de Albert Einstein (1879-1955). O que representou um momento de complicações no Estilo de Pensamento, que fez com que o conhecimento científico precisasse de reflexões sobre seus fundamentos, limites e possibilidades (Condé 2005, 2012, 2018).

Nesse sentido, o professor de ciências precisa discernir os limites da historiografia da ciência para conseguir tratar de elementos da Natureza da Ciência. Por exemplo, em Física, o professor reconhece a Teoria Quântica, contudo na Educação Básica prioriza a física newtoniana, pois acredita que seus conceitos são fundamentais para aprendizagem de física.

Contextualizando, a questão central no Ensino de Química tem embasamento no átomo. Provavelmente, por este motivo, o ensino dos modelos atômicos seja tão tradicional na Educação Básica. Para além dos modelos atômicos, sugerimos o ensino da controversa científica do atomismo *versus* antiatomismo, visto que o momento da “descoberta do elétron” representou uma complicação no Estilo de Pensamento em relação à existência do átomo. Anteriormente, ocorreu o desenvolvimento da Ciência Química sem a presença do átomo, e, por sua vez, a emergência da físico-química.

A historiografia da ciência a partir da perspectiva fleckiana não possui limitação na evolução conceitual. Ao ser percebida a “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, ou nesse caso a “Gênese e Desenvolvimento do Átomo”, muitas outras questões são contextualizadas, além da evolução conceitual em si.

Talvez, adotar a epistemologia fleckiana seja perceber a ciência além da Física e da matematização das ciências naturais, possivelmente seja valorizar a

Ciência Química, olhando sua especificidade e não a reduzindo à Ciência Física. A epistemologia fleckiana não nos dá respostas prontas, mas nos permite perceber a ciência sob outra perspectiva, além da hegemônica. Como por exemplo, a partir da História e Filosofia da Química.

Lemes e Porto (2013) dialogam que reflexões provenientes da Filosofia da Química podem contribuir para o melhor entendimento sobre o que ensinar e como ensinar na disciplina Química. Há teorias da química que não podem ser falseadas como na concepção de Popper porque não são regidas de forma universal, mas sim são dinâmicas, podendo haver refinamentos e suplementação na teoria. Há uma complexidade com base no realismo, que exige maior amadurecimento de quem estuda esta ciência, e, a qual a torna mais complexa. Além disso, os químicos não dão muita atenção para as fragilidades das teorias, desde que elas sejam úteis.

De acordo com Matthews (2012), o debate entre interpretações realistas e empiristas, ou instrumentalistas, foi central nas disputas da teoria quântica. Recentemente, surgiu na Química discussões em torno da realidade ou não das ligações químicas. Colocou-se em dúvida o realismo das entidades e mecanismos invisíveis, que a ciência postulou para explicar o comportamento visível dos objetos. Assim, foi questionado se existem realmente as ligações covalentes e iônicas, ou o que existe é apenas o comportamento no nível macroscópico, para os quais a postulação na região do invisível é conveniente para explicar essa regularidade. Nesse aspecto, a ciência é composta por entidades teóricas, haja vista átomos, fôtons, campos magnéticos e forças gravitacionais. Contudo, os exemplos expostos são modelos teóricos funcionais e não cópias fiéis da realidade.

Lemes e Porto (2013) comentam também a tendência da química ser reduzida à física. Havendo, inclusive, diferenciação na maneira conceitual de como químicos e físicos enxergam os mesmos fatos. Uma das diferenças conceituais é a do orbital utilizado pelos físicos e o orbital compreendido pelos químicos. Os orbitais para os físicos não são observáveis porque são estados, enquanto os orbitais para os químicos são densidades eletrônicas e, portanto, são observáveis, possuindo funções práticas.

Em Souza (2020), é mencionado a controvérsia científica que existiu entre teorias tendo em vista os modos de pensar distintos, ou seja, o Estilo de Pensamento característicos de físicos *versus* o Estilo de Pensamento de químicos,

com a Teoria do Orbital Molecular (TOM) e a Teoria de Ligação de Valência (TLV), respectivamente. Desse modo, é possível perceber que para o mesmo conceito científico há maneiras diversas de pensar, explicar e criar teorias, conforme à área de pesquisa, ou conforme o Estilo de Pensamento diverso. Apesar do Coletivo de cientistas atualmente creditarem maior valor à Teoria do Orbital Molecular (TOM), pela complexidade matemática envolvida nessa teoria.

A epistemologia de Fleck nos permite compreender a ciência em sua especificidade. Assim sendo, pensar a Química além da matematização, e, mais, ver a história com a dimensão coletiva do pensamento, com os processos de construção do conhecimento, as teorias rivais ou os pensamentos que puderam originar um novo Estilo de Pensar, são as possibilidades que nos levam a escolher Fleck como posicionamento epistemológico deste estudo.

4.1 CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA EM FLECK E A NATUREZA DA CIÊNCIA

O entendimento sobre a Ciência passa pela compreensão da NdC, visto que as discussões a este respeito são importantes no contexto educacional para que tanto estudantes como professores sejam mais críticos e reflexivos ao mundo e na realidade em que vivem.

Natureza da ciência é entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico. Isto pode abranger desde questões internas, tais como método científico e relação entre experimento e teoria, até outras externas, como a influência de elementos sociais, culturais, religiosas e políticas na aceitação ou rejeição de ideias científicas (Moura, 2014, p. 32).

Classicamente, Moura (2014) aponta em sua revisão bibliográfica o potencial da História e Filosofia da Ciência (HFC) como caminho para discutir aspectos da NdC. Nesse sentido, é importante apresentar a ciência para os estudantes como uma atividade humana com forte sentido cultural, social e ético que são influenciados por seu contexto. Além disso, os elementos de estudos historiográficos mostram discussões sobre a gênese do conhecimento científico e os fatores internos e externos que a influenciam. Conforme Anjos e Justi (2015), vale a pena mostrar aos alunos que os cientistas são compostos por um grupo social, no qual discutem

como a ciência impacta e como é impactada pelo contexto social em que está inserida.

De acordo com Moura (2014), aproximar uma definição (possível) para a NdC se justifica no sentido de discutir a partir da abordagem de como ela é construída. Outro detalhe refere-se ao método científico, pois não há um método científico único como regra geral ou como uma “receita de bolo” pronta a ser reproduzida. No entanto, existe uma multiplicidade de maneiras de como o trabalho científico pode ser produzido. Anjos e Justi (2015) enfatizam que o uso de exemplos históricos, quando bem fundamentados e construídos em oposição às anedotas e/ou histórias superficiais, possibilitam uma atividade efetiva de ensino de NdC. Os estudos de caso configuram também, situações ricas e úteis para contextualizar e problematizar aspectos da NdC, uma vez que estimulam as reflexões e a troca de ideias entre pares. Visa por meio de debates a argumentação, a refutação e até mesmo a resolução de problemas.

Conforme Anjos e Justi (2015), os conceitos da ciência e da tecnologia são resultados de uma construção humana, os quais produzem conhecimentos que são passíveis de mudanças, pois estão inseridos em processos históricos e sociais. Por conseguinte, a ciência é carregada de sentidos e valores. Em relação à questão de ensino, não se trata de colocar mais conteúdos aos já existentes no currículo, mas de alterar a abordagem na maneira como ensinar os conteúdos já estudados, permeando-os com os elementos da NdC pertinente em cada contexto.

Além disso, Roda e Martins (2021) consideram que ao serem avaliadas concepções de alunos e professores acerca da Natureza da Ciência, é necessário que haja uma distinção entre o que seria adequado e não adequado na ciência. Tais autores, sugerem que os temas deveriam ser trabalhados juntamente com episódios históricos. Contemplando assim, melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos, deixando evidenciado a não linearidade na construção do conhecimento científico, dentre outras visões de ciência, como a visão colaborativa dos grupos de pesquisas, que necessitam de apoio para aceitação ou rejeição de teorias científicas. Assim, mostra-se aos estudantes que os cientistas não produzem ciências sozinhos, isolados em seus laboratórios, mas sim estão sujeitos aos pensamentos coletivos que permeiam as comunidades científicas. Tampouco são gênios, ou heróis de “insights” e descobertas”, mas antes se apoiaram em conhecimentos anteriores do

coletivo de pesquisadores que desenvolveram os conhecimentos científicos a partir de erros e de repetições. Em outras palavras, partiram de um processo histórico de determinado fato.

Dessa maneira, os estudos contendo NdC possibilitam desmistificar visões não adequadas sobre a ciência, tais como as mencionadas em Gil-Pérez *et al.* (2001).

Quanto às concepções consideradas consensuais sobre NdC, um exemplo entre as mais conhecidas são as relatadas por Gil Pérez *et al.* (2001), a saber:

- I) visão empírico-indutivista e ateórica, em que se sugere o papel “neutro” da observação e da experimentação. Esquece-se da(s) teoria(s) disponíveis que orientam todo o processo;
- II) visão rígida (algorítmica, exata, infalível), na qual é centrada no “método científico” como conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente e seu caráter exato de resultados. Esquece-se a criatividade, o caráter tentativo, às dúvidas, os erros anteriores;
- III) visão aproblemativa e ahistórica (dogmática e fechada), onde é mostrado o conhecimento já pronto, sem apresentar os problemas que lhe deram origem ou sua evolução;
- IV) visão exclusivamente analítica, considerando a divisão parcelar dos estudos, de maneira fragmentada;
- V) visão acumulativa de crescimento linear, em que o conhecimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo onde é ignorada as crises, as mudanças, as controvérsias. A visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos. Nesta, esquece-se os questionamentos de como os conhecimentos foram alcançados, quais foram as teorias rivais, os confrontos de ideias.
- VI) E mais, a visão indutivista e elitista da ciência, na qual ignoram-se o papel do trabalho científico e cooperativo, fazendo-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmar ou refutar uma hipótese ou teoria. Além do trabalho isolado de um só cientista, pode ocorrer nessa visão simplista, a discriminação de natureza social, de gênero e racial na ciência.

VII) Por fim, a visão socialmente neutra da ciência, em que não aparece as relações de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Optamos nessa pesquisa em seguir não apenas um Ensino de Ciências direcionados às concepções mais críticas e reflexivas, mas também em nos distanciarmos do referencial mais tradicional sobre a Natureza da Ciência, como Gil-Pérez *et al.* (2001), Lederman (1998), Matthews (1995, 2012), Moura (2014).

Em substituição aos referenciais clássicos, passamos a fundamentar nossa abordagem na epistemologia proposta por Fleck (1979, 1980, 2010). Ainda em 1935, bem antes de Kuhn, o médico polonês apresentou o seu estudo sobre como ocorre o funcionamento da ciência. Dessa forma, muito pionieramente, ainda sob hegemonia do Empirismo, Fleck teve um olhar sobre a Natureza da Ciência que ainda não era conhecida (ou aceita) à época. Por exemplo, ao expor a ideia do terceiro elemento na relação Sujeito-Objeto, a saber: o estado do saber, Fleck criticou a observação neutra. Assim, por meio da percepção (*Gestalt*) a interpretação do que vemos depende da teoria que conhecemos. Ou seja, a percepção do que vemos depende do Estilo e Coletivo de Pensamento que estamos inseridos.

Desse modo, não há uma maneira pronta para desenvolvermos a epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências, tampouco a temos nos referenciais tradicionais de NdC. Contudo, utilizamos “categorias” como tentativa de compreensão do funcionamento da ciência.

Abordamos as categorias fleckianas presentes na obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, tais como: Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, e a partir destas buscamos encontrar contribuições para os desmontes³⁸ das visões “ingênuas”, ou ditas de outra maneira, aquelas pouco reflexivas sobre o trabalho científico, argumentadas em Gil-Pérez *et al.* (2001). Em contraposição, associamos conceitos fleckianos às concepções adequadas, àquelas “visões de enfrentamento” das concepções não adequadas de ciência, como as referenciadas por Silva e Aires (2014).

A síntese desses argumentos está apresentada no QUADRO 2.

³⁸ Legenda: o recorte desta seção fez parte do trabalho científico de comunicação oral de Souza, Silva e Aires (2023) apresentado no XXI Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxieneq2022/> acesso em 12 nov. 2023.

QUADRO 2- Concepções “ingênuas” de Ciência *versus* “visões de enfrentamento” e Concepções de Ciência em Fleck

Concepções “ingênuas” por Gil-Pérez et al. (2001)	Concepções adequadas, visões de enfrentamento (Silva; Aires, 2014)	Concepções de Ciência em Fleck (2010)
1) Visão empírico-indutivista. Destaca-se o papel neutro da observação.	Observação influenciada pela teoria.	Estilo de Pensamento: Decisões e, principalmente, costumes estão sempre vinculados a estilos de pensamento, que se referem às possíveis determinações de atributos. A percepção da forma é a “pura questão do estilo de pensamento” (Gestalt). Teorias que orientam um olhar direcionado. Não existe uma Relação Binária entre Sujeito e Objeto, e sim um terceiro elemento, o estado do saber.
2) Visão Rígida. Apresenta-se o “Método Científico”.	Pluralismo metodológico.	Na história do conceito da sífilis, encontramos opiniões muito divergentes; na história da Reação de Wassermann, há muito menos divergências, que, com a elaboração da reação, tornaram-se ainda mais raras. Essa questão não pertence à análise do fato, porém à análise do erro.
3) Visão Não problemática e ahistórica.	Caráter histórico e dinâmico da ciência.	Tradição Histórica “evolucionária”: 1) Percurso histórico. Protoideias. Exemplo: Sífilis, atomística, noção de valência. 2) Ideia de Continuidade, pois não conseguimos abandonar o passado – Ele continua vivo nos conceitos herdados, nas abordagens de problemas, nas doutrinas das escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições
4) Visão Exclusivamente analítica (fragmentada).	Unificação do conhecimento científico.	Circulação de ideias interdisciplinares dos círculos esotéricos (saber especializado). Como exemplo, a estrutura do DNA. Após três áreas do conhecimento para construção social da estrutura da dupla hélice. (Biologia, Física e Química).
5) Visão acumulativa de crescimento linear.	Rupturas e controvérsias científicas.	Mutações no Estilo de Pensamento. Evolução nas ciências. Analogia da evolução com a teoria do conhecimento.
6) Visão Socialmente neutra.	Ciência influenciada por fatores externos.	Ênfase moral da Sífilis e seu impacto nas atividades de pesquisa. Por exemplo: Sífilis como doença amaldiçoada e desonrosa. Já a tuberculose como doença mais comum, não foi tão estudada. Círculo esotérico e exotérico (circulação de ideias).
7) Visão elitista e individualista.	Ciência como atividade coletiva.	Caráter coletivo da pesquisa: o desenvolvimento do Fato Científico depende do percurso histórico, cultural e contexto social. Fleck parte da suposição de que a teoria do conhecimento individualista conduz apenas a uma concepção fictícia e inadequada do conhecimento científico. Importância do Coletivo de pensamento e Estilo de Pensamento.

FONTE: Gil-Pérez et al. (2001); Silva e Aires (2014) e Fleck (2010).

E mais, além da opção com relação ao desmonte das concepções não adequadas de ciência, outra possibilidade para abordagem da Natureza da Ciência sob olhar fleckiano é a sua utilização corroborando aos aspectos consensuais. Nessa perspectiva, além das “visões de enfrentamentos”, referenciadas por Silva e

Aires (2014), acrescentamos a possibilidade de associação de Fleck (2010) com os aspectos consensuais da NdC descritos em Moura (2014), os quais são apresentados no QUADRO 3.

QUADRO 3- Aspectos consensuais da Natureza da Ciência e Fleck

Natureza da Ciência por Moura (2014)	Explicações didáticas	Natureza da Ciência em Fleck (2010)
A ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais.	A ciência não é um conjunto de verdades absolutas. Por ser conhecimento em contínua mudança, ela está sempre se reformando internamente, revendo seus modelos e bases, o que implica que nossa própria percepção dela também muda com o tempo.	O Fato Científico não é fixo, pronto e acabado, mas sim é construído no Coletivo e Estilo de Pensamento. Tanto o Fato quanto o pensamento são variáveis.
Não existe um método científico universal.	Não existe um conjunto de regras universais a serem seguidas para fazer ciência. As metodologias podem ser variadas e os resultados também, abrindo margem para os desacordos. Isso implica dizer que um mesmo fenômeno pode ser estudado e compreendido de modos distintos.	O Coletivo de Pensamento é constituído por seus meios de produção científica, regras, valores, normas.
A teoria não é consequência da observação/experimento.	Na concepção de senso comum, uma teoria científica sempre é consequência de um experimento, o qual, se realizado em um determinado número de vezes e circunstâncias, prova a teoria. Contudo, Chalmers (1993) critica o indutivista ingênuo que acredita na ideia de que uma observação é livre de uma concepção prévia de quem observa. A ciência, de outra perspectiva, constrói modelos, explicações, conceitos a respeito do mundo natural que são embasados pelo arcabouço de saberes, metodologias, pressupostos epistemológicos, sociológicos e filosóficos da ciência. Estas construções são, no fim, sempre provisórias.	A <i>Gestalt</i> , ou percepção da forma, de um cientista é uma ação coercitiva do Estilo de Pensamento, ao qual este cientista está inserido. É a teoria que promove suporte à percepção, para o olhar treinado, de quem está inserido num Estilo de Pensamento. Além disso, observação e experimento não determinam o desenvolvimento do Fato Científico, pois este dependerá do percurso histórico e contextos sociais, econômicos.
A ciência é influenciada pelo contexto social, cultural, político etc., no qual é construída.	Entende-se a não neutralidade da ciência e do pensamento científico. As concepções dos cientistas, as questões da época, o local em que vivem e as influências que sofrem podem desempenhar um papel importante na aceitação, rejeição e desenvolvimento das ideias da ciência.	Um Estado/Governo pode(m) determinar os limites da ciência, da produção científica. O saber popular pode influenciar a ciência. Por exemplo, no caso da doença sífilis, considera de desonra e de sangue impuro, houve pressão social no meio científico para diagnóstico e tratamento.
Os cientistas utilizam imaginação, crenças pessoais, influências externas, entre outros para fazer ciência.	No senso comum, há uma noção de que o cientista está alheio ao mundo ao redor, fazendo uma ciência neutra e livre de influências. Entretanto, todo cientista é um ser humano comum, por isso, cometem erros, utilizam de suas crenças	O cientista não pensa sozinho, pois seu pensamento está guiado pela percepção do Coletivo e Estilo de Pensamento. A atividade científica é sempre uma

	<p>e expectativas para elaborar e legitimar suas ideias, têm qualidades e defeitos. Não há um modelo único de cientista, sendo que estes podem utilizar a criatividade. Vemos humanização da ciência.</p>	<p>construção coletiva, envolvendo vários nomes, instituições, grupos de pesquisas, anteriores.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

FONTE: com base em Moura (2014) e Fleck (2010).

Em outras palavras, além de usar Fleck para desconstruir ideias não adequadas sobre o funcionamento da ciência, também é possível utilizar sua epistemologia para reforçar os pontos de consenso tradicionais sobre a NdC. Assim, a proposta não se limita restritamente a uma postura de enfrentamento (críticas), como abre espaço para associações positivas entre Fleck (2010) e consensos descritos por Moura (2014) ou Matthews (2012).

Em termos pedagógicos, as informações contidas nos QUADROS 2 e 3 nos auxiliam para introduzir a epistemologia de Fleck (2010) no Ensino de Ciências/Química, uma vez que são possíveis alguns questionamentos aos estudantes com o uso de episódios históricos. Como por exemplo: Como a ciência é produzida? Qual “método” é utilizado na pesquisa científica? Utilizam-se teorias anteriores na produção da ciência? São apresentados confrontos de ideias e/ou as teorias rivais? Como o conhecimento químico é apresentado nas aulas de Química? Apresenta-se o processo de construção ou apenas os produtos? Mostra-se os problemas que deram origem aos produtos? De que maneira são apresentados os resultados oriundos da produção científica, individual ou coletivamente? Mostra-se as mudanças de pensamentos? É possível encontrar alguma discriminação de gênero, social ou racial no episódio estudado?

Dessa maneira, a partir do QUADRO 3, acreditamos que é possível definir as categorias *a priori*: ciência mutável e provisória; o “método científico”; a teoria antecede a experiência, não existe neutralidade na observação, os cientistas usam a criatividade, crenças pessoais para produzir ciências, a ciência possui um caráter coletivo e, inclusive, os contextos sociais, econômicos, políticos, influenciam na produção de Ciência e Tecnologia (C&T).

De acordo com Roda e Martins (2021), em Lederman *et al.* (2002, p. 498), a definição de NdC pode ser entendida ao se referir “à epistemologia e sociologia da ciência, a ciência como um meio de saber, ou valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e seu desenvolvimento”.

À vista disso, a ciência é um empreendimento humano repleto de características: cognitivas, sociais, comerciais, culturais, políticas, estruturais, éticas, psicológicas. Desse modo, conforme Matthews (2012), diferentes ciências quando consideradas em distintos aspectos da história e das práticas, podem apresentar alguma “semelhança familiar” que justifiquem porque seus empreendimentos são ditos “científicos”. Desse modo, o grupo de Matthews (2012) defende uma lista de fatores de NdC, que pode ser acessível aos estudantes da Educação Básica, além de possuir acordo suficiente entre historiadores e filósofos, sendo útil para a formação de cidadania.

De acordo com Roda e Martins (2021), dentre os fatores mencionados na lista de Michael Matthews (2012) estão a experimentação, idealização, modelos, valores e questões socio científicas; matematização, tecnologia, explicação, visões de mundo e religião, escolha de teoria e racionalidade, feminismo e, por fim, realismo e construtivismo. Em especial, com destaque aos modelos, os quais são vistos como uma característica importante da ciência. Dessa forma, um professor com formação em HFSC pode realizar discussões juntos aos seus estudantes e indagar a representação da realidade e não a realidade em si do objeto.

Carvalho e Guerra (2024) mostram as temáticas que estão sendo pesquisados nos últimos vinte anos (2002 -2021) em dois periódicos nacionais, que aproximam a História da Ciência e Ensino com o aporte teórico de Matthews (1995), o qual representa um artigo basilar referente à NdC para a área de Educação em Ciências. Destaca-se, atualmente, visões sociopolíticas e questões como as de raça, gênero e classe. Em relação às visões sociopolíticas, aparece a abordagem de assuntos contemporâneos, como o negacionismo científico e *fake News* (disseminação de notícias enganosas). Nesta perspectiva, a pandemia da COVID-19 mostrou a desigualdade social e a necessidade da abordagem para questões contemporâneas e de posicionamentos políticos.

Esses aspectos dos referenciais de NdC contemporâneos dialogam com a epistemologia fleckiana, uma vez que abordagens sobre a influência sociopolítica na atividade científica também foram comentadas por Ludwik Fleck, o que vem mostrar uma epistemologia da ciência atemporal e à frente de seu tempo. Exatamente por ser descendente de judeus e presenciar o período da Segunda Guerra, Fleck pôde

vivenciar e refletir o quanto os fatores políticos direcionam os rumos da produção científica.

Dessa maneira, consideramos que a epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010) possui potencialidade para ser trabalhada em sala de aula na Educação Básica, pois apresenta essencialmente concepções adequadas sobre a ciência, inclusive quando comparada às “características da ciência” defendida por Matthews (2012), como apresentada no QUADRO 4.

QUADRO 4- Características da Ciência e Fleck

Características da Ciência por Matthews (2012)	Explicações didáticas	Elementos da Natureza da Ciência em Fleck (2010)
Natureza empírica da ciência	Observação da natureza, sendo que esta possui papel central na validação do conhecimento. Embora a ciência seja empírica, os cientistas não têm acesso direto à maioria dos fenômenos naturais.	Na formação do Fato Científico, ocorrem variáveis tanto no objeto quanto no sujeito. Há um terceiro elemento nesta tríade, o estado do conhecimento.
Teorias e Leis Científicas	As leis são declarações descritivas de relacionamentos entre fenômenos observáveis. Teorias são explicações inferidas para fenômenos observados ou regularidades presentes nesses fenômenos.	As leis científicas lembram o modelo de ciência com base na física clássica newtoniana. Em Fleck, temos um modelo de ciência de matriz biológica e a teoria da evolução das espécies de Charles Darwin. As teorias científicas são construções humanas, frutos dos processos cognitivos.
Criatividade e imaginação	A imaginação e criatividade humana fazem parte do processo de construção do conhecimento científico, já que a ciência é um empreendimento humano. E mais, entidades científicas como os átomos são modelos teóricos funcionais e não cópias da realidade.	Fleck traz a ideias de condicionamento social, uma vez que todo trabalho científico é um trabalho coletivo. Assim, o pensamento do cientista não é dele, porém do Coletivo e do Estilo de Pensamento, nos quais esteja inserido. Cada cientista contribuiu com suas competências e habilidades. Contudo, a ciência é uma atividade social por excelência.
Teoria influencia na observação	Os conhecimentos prévios, treinamento, experiências e expectativas dos cientistas influenciam seu trabalho.	O cientista possui uma <i>Gestalt</i> , um Estilo de Pensar, uma percepção direcionada, que outrora foi treinada pela teoria. Efeito coercitivo do Estilo de Pensamento diante da observação.
Contextos cultural e social na ciência	A ciência afeta e é afetada pelos vários elementos e esferas intelectuais da cultura, na qual ela está inserida.	O estudo de caso da sífilis mostrou que os contextos social e cultural influenciam na produção do conhecimento. O dito “sangue impuro” percorreu tanto na sociedade, até fazer parte da cultura e influenciar no meio científico. Propostas com testes de sangue foram realizadas devido tal influência.
O mito do “método	Não existe um único método científico que garanta o	Pode existir Coletivo de Pensamento institucionalizado que determinará suas

científico”	desenvolvimento conhecimento infalível.	do	regras de conduta, normas e métodos de produção da ciência. E mais, Fleck utiliza o percurso histórico para explicar a emergência e o desenvolvimento de um Fato Científico.
Natureza provisória do conhecimento científico	Embora o conhecimento científico seja confiável e duradouro, nunca é absoluto ou certo (como verdade absoluta). Este, por sua vez, incluindo fatos, teorias estão sujeitos às mudanças.		Conceitos de mutações no Estilo de Pensamento, ou ainda, complicações no Estilo de Pensamento explicam as transformações (mudanças), que o conhecimento científico pode passar. Essas mudanças, ocorrem de forma análoga aos processos evolutivos, lentos e gradativos.

FONTE: Matthews (2012) e Fleck (2010).

Embora não tenha utilizado os termos “Natureza da Ciência” ou “características da ciência”, a epistemologia fleckiana traz um estudo rico sobre a construção do conhecimento científico, priorizando a historicidade da ciência, bem como os contextos envolvidos na emergência e desenvolvimento de um Fato Científico. Desse modo, torna-se possível sua abordagem no Ensino “de” e “sobre” Ciência, justamente porque podemos contextualizar visões adequadas da atividade científica. Além de realizar possíveis comparações com relação aos aspectos consensuais, e/ou de semelhança familiar, presentes em autores que se referem à NdC como Moura (2014) e Matthews (1995, 2012).

Ainda que conhecida do grande público tardeamente, uma característica peculiar da epistemologia de Fleck é a possibilidade de colocar fim a dicotomia “contexto de justificativa” *versus* “contexto da descoberta”, tão discutida na epistemologia da ciência no século XX. Em relação à Natureza da Ciência, observamos que os fatores internos e externos também estão no cerne de sua definição, o que nos atenta para mais uma possível junção dessa dicotomia.

5 CAMINHOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, constam os caminhos metodológicos seguidos na pesquisa. Há uma breve apresentação de toda pesquisa: natureza da abordagem, metodologia de pesquisa, objetivo geral, instrumentos utilizados, metodologia de análise de dados. Após, são apresentados o contexto da pesquisa, os episódios históricos como estratégia didática, a estrutura pedagógica utilizada na composição da Sequência Didática e de que maneira foi realizada em termos práticos, contendo o planejamento e descrição das aulas, além das categorias *a priori*, que foram adotadas a partir do referencial teórico. O capítulo termina com a metodologia de análise de dados escolhida, a saber: Análise de Conteúdo temática-categorial.

Esta pesquisa é de abordagem qualitativa, tendo como metodologia de pesquisa a Intervenção Pedagógica, pois se trata de uma pesquisa desenvolvida na Educação Básica, a qual objetivou analisar se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência. Os instrumentos utilizados para composição dos dados foram questionários respondidos pelos estudantes, transcrições de aulas gravadas e o diário de pesquisa, constituído por reflexões da pesquisadora proponente. Para a Metodologia de Análise de Dados, foi usada Análise de Conteúdo, tendo por base Bardin (1977, 2016), cuja especificidade do tipo de análise foi a Temática (Categorial), seguindo recomendações de Moraes (1999) e Oliveira (2008). Adiante estão mais detalhes do nosso caminho metodológico.

A pesquisa compreendeu a elaboração, o desenvolvimento e a análise do Episódio Histórico (EH) do DNA desenvolvido em turmas do 2º ano do Ensino Médio regular na disciplina de Química, em uma escola pública na Cidade Industrial de Curitiba (CIC).

Os Episódios Históricos desenvolvidos, por sua vez, foram planejados em formato de uma Sequência Didática (SD), conforme referenciais de Didática das Ciências, disciplina a qual a pesquisadora proponente (pesquisadora assistente da UFPR) se dedicou durante o curso de doutoramento. Buscou-se com a SD, propiciar reflexões sobre elementos da Natureza da Ciência aos estudantes, incluindo os

processos de construção do conhecimento científico, de acordo com o referencial teórico adotado.

Iniciou-se a Sequência com o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Após, foram apresentadas concepções de ciências, tais como a empírico-indutivista e a investigativa. Em seguida, houve explicações sobre o funcionamento da ciência, por meio da epistemologia de Fleck, exemplificado em seu estudo de caso sobre a sífilis. Nesse sentido, foram ensinadas as categorias de Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento, conceitos bases da sua Teoria do Conhecimento. Na sequência, foram trabalhados os Episódios Históricos com ênfase nas discussões sobre a construção social da ciência.

E por que desenvolvemos Episódios Históricos em uma SD?

De acordo com Zabala (1998), as sequências didáticas têm a potencialidade de favorecer maior grau de significância das aprendizagens, contribuindo para que o professor dê atenção à diversidade dos alunos. De acordo com o autor, a aprendizagem é uma construção pessoal, que atribui significado a um determinado objeto de ensino, o que implica na contribuição da pessoa que aprende como a entrega de interesse e a disponibilidade sobre seus conhecimentos prévios e de sua experiência. Nesse sentido, o docente terá papel fundamental ao detectar um conflito inicial entre o que já se conhece e o que se deve conhecer, o que contribui para que o estudante se sinta capaz e com interesse em resolver seus conflitos. Por conseguinte, a estrutura de uma SD auxilia na didatização do ensino.

Tratou-se, portanto, de uma pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica, a qual, segundo Damiani *et al.* (2013), pode ser definida como uma pesquisa que envolve o planejamento e a implementação de intervenções, sejam estas propostas de mudanças ou inovações pedagógicas, com o intuito de produzir melhorias no processo de aprendizagem nos estudantes participantes das atividades. A pesquisa de Intervenção Pedagógica é direcionada para a área de Educação, e possui o caráter de pesquisa aplicada (em distinção à pesquisa teórica), com finalidades de contribuir para problemas práticos. Também é um tipo de pesquisa que visa aproximação entre a pesquisa acadêmica e a escola da Educação Básica.

As potencialidades da pesquisa de Intervenção Pedagógica estão nos possíveis benefícios práticos, como subsidiar novas propostas educacionais e/ou avaliar inovações. Neste caso, o estudo de um EH para suscitar reflexões sobre a

NdC no Ensino de Ciência, sendo que mantivemos como base epistemológica, a de Ludwik Fleck (1979, 1980, 2010).

5.1 O CONTEXTO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética da Pesquisa - Ciências Humanas e Sociais da UFPR (CEP/CHS), cujo parecer consubstanciado foi aprovado em 17 de setembro de 2023, sob o número 071817/2023.

Tratou-se de uma pesquisa empírica, cuja elaboração, execução e análise se deu pela doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciência e em Matemática (PPGECM/UFPR), Isis Lidiane Norato de Souza, que ministrou as aulas previstas. Na Universidade Federal do Paraná, o pesquisador proponente precisa realizar a pesquisa sob supervisão de um professor doutor. Por essa razão, houve a designação de “pesquisadora assistente” no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com o ANEXO A.

Nesse sentido, a “pesquisadora assistente” possui formação em Química, Bacharelado e Licenciatura pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), bem como formação tecnológica em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Além das graduações, realizou mestrado em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM/UFPR), cuja pesquisa da dissertação envolveu análise epistemológica de Fleck (2010) na história da ligação química de Linus Pauling, entre outros químicos.

O interesse pela contribuição da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências iniciou-se no mestrado, onde foi realizada uma pesquisa teórica em História da Ciência, prosseguindo-se ao doutorado. Já o interesse em História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) na Educação em Ciências ocorreu desde graduação ao ser realizada a Iniciação à Docência, por meio do PIBID. Estas características da “pesquisadora assistente” foram mencionadas no primeiro capítulo desta tese, intitulada “Introdução”.

Já o professor regente, que prestativamente doou e assistiu às aulas a “pesquisadora assistente”, também possui formação em Química, Bacharelado e Licenciatura, pela UFPR, além do mestrado em Educação em Ciências e em Matemática no PPGECM/UFPR. Atualmente, é doutorando no mesmo curso de pós-

graduação e junto à “professora assistente” trocam conhecimentos na área e ambos são participantes do mesmo grupo de pesquisa.

O professor regente possui interesse em HFSC, epistemologia de Fleck e NdC desde 2014, ocasião da sua formação inicial, e, continua a estudar essas temáticas na pós-graduação. Mesmo com toda bagagem dos referenciais teóricos, esse professor busca introduzir inovação nas suas aulas, mas enfrenta dificuldades, obstáculos e, às vezes impossibilidades por questões contextuais, de contrato, rendimento e plataformização. Por estes motivos, tal professor apoiou a presente pesquisa. A direção do colégio autorizou o desenvolvimento da pesquisa no âmbito escolar.

Os custos da pesquisa permaneceram a cargo da “pesquisadora assistente”, os quais podem ser apontados com os materiais impressos para realização das aulas. Entre estes:

- 1) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- 2) Questionário para levantamento das concepções prévias dos estudantes;
- 3) Artigo clássico de Watson e Crick (1953) traduzido;
- 4) Episódio Histórico do Antiatomismo;
- 5) Episódio “Evolução do Benzeno”.

Antes da Sequência Didática (SD), realizamos um levantamento dos conhecimentos prévios sobre a compreensão de ciência dos estudantes, com a finalidade de entender o perfil destes. Realizamos as problematizações:

- i. “Como você entende a ciência?”,
- ii. “Como se faz ciência?”,
- iii. “Quem faz ciência?”,
- iv. “Para que serve a ciência?”,

Em cada problematização havia quatro afirmações, a serem respondidas de acordo com a escala: (1) discordo totalmente; (2) discordo parcialmente; (3) não concordo e não discordo; (4) concordo parcialmente e (5) concordo totalmente (constam no APÊNDICE A).

Ademais, para além do destino à avaliação bimestral referente ao ano letivo de 2023, os materiais impressos tais como questionários e artigo clássico de Watson e Crick (1953) traduzido foram instrumentos para análise de dados desta pesquisa. Os estudantes responderam os questionários à mão durante as aulas ministradas,

com auxílio do professor regente e da pesquisadora assistente. As aulas do desenvolvimento da pesquisa foram gravadas em formato de vídeo/áudio e posteriormente, transcritas para análise de dados. Para esse propósito, privilegiaram-se as aulas que adotaram abordagens centradas em discussões acerca das construções sociais na ciência, a exemplo da Aula 07, apresentada no APÊNDICE C.

As aulas da pesquisa foram ministradas a um público de aproximadamente 140 alunos distribuídos em 4 turmas distintas, sendo 3 turmas pertencentes ao itinerário de ciências humanas e uma turma referente ao itinerário de ciências exatas. Tratou-se de estudantes do Ensino Médio regular, do período diurno (7h10min-12h30min). No entanto, participaram da pesquisa 34 estudantes, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme ANEXO A.

A turma do itinerário de exatas, de maneira geral, possuía apreciação por ciências naturais, em especial química e física. Já uma das turmas do itinerário de ciências humanas possuía habilidade para escrita e foi perceptível o hábito de leitura que mantinham, nesta turma em específico não foi necessário a pesquisadora assistente realizar a leitura do questionário inicial para a turma. Outra turma do itinerário de ciências humanas apreciava dialogar sobre fatos históricos.

Além disso, ao término de cada turno das aulas, as informações e os detalhes referentes às atividades ministradas foram registradas no diário de pesquisa da “pesquisadora assistente”, com o objetivo de constituir um conjunto de dados para análise.

No próximo capítulo, no item 6.1, há mais informações sobre o “Contexto da Pesquisa na Escola”, bem como o perfil dos estudantes em relação às concepções sobre ciências.

5.2 OS EPISÓDIOS HISTÓRICOS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA

O Episódio Histórico (EH) é compreendido nessa pesquisa como um trecho da história da Ciência/Química em que há o início e/ou o desenvolvimento de um Fato Científico, pertencente a um Estilo de Pensamento de um Coletivo de Pensamento. Ao estudar um EH é possível compreender como se dá a construção de um conceito científico/químico, se há ou não circulação de ideias (tráfegos) de um Coletivo de Pensamento para outro, os fatores externos que influenciam na

construção de determinado conhecimento, entre outros aspectos relacionados à construção da ciência.

Desse modo, o EH pode contribuir para compreensões mais elaboradas sobre a Natureza da Ciência (NdC). A hipótese/ideia que defendemos nesta pesquisa é que a epistemologia de Fleck apresenta potencialidade para que a ciência seja percebida como fruto dos contextos sociais, históricos, políticos. Contudo, não deixamos de ensinar conteúdos científicos construídos pela humanidade, uma vez que estes são parte da própria NdC e importantes ainda para a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes.

Os Episódios Históricos possibilitam ainda, estudar a emergência de um determinado Fato Científico, como o início da construção do conhecimento referente à ligação química. Um exemplo é o estudo de Souza e Aires (2022), no qual é dado ênfase à investigação dos Estilos de Pensamento de pesquisadores que contribuiram para o entendimento de teorias da ligação química.

Além disso, em Souza e Aires (2022) são apresentados elementos da NdC, à luz da perspectiva fleckiana, como contribuições para a Educação em Ciências, a saber:

1) **a importância da tradição histórica**, uma vez que foi analisado que, na história da ligação química, a noção de valência teve característica de Protoideia para a teoria da ligação.

2) **O conhecimento é provisório**, pois existem os trânsitos de pensamentos e, consequentemente, as mutações no Estilo de Pensamento, onde se criam fatos novos ou se fortalecem os pensamentos entre coletivos. No episódio da ligação química, existiu a controvérsia científica entre químicos e físicos, aqueles defenderam o fundamento da Teoria da Ligação de Valência, enquanto estes a Teoria do Orbital Molecular. No entanto, os físicos rejeitaram a teoria da ligação dos químicos, ao mencionar que esta nascera refutada, reduzindo a química à física.

3) **A observação de um fato é influenciada pela teoria**, tendo o exemplo que Gilbert Lewis (1875-1946) utilizou a teoria atômica de Joseph John Thomson (1856-1940) para interpretar a formação do par de elétrons compartilhados. E mais;

4) **a circulação de ideias interdisciplinares dos círculos esotéricos** (de especialistas) produzem a unificação do conhecimento científico. A exemplo da formação da teoria da ligação, em que Irving Langmuir (1881-1957) contribuiu para a

ciência ao juntar a Teoria da Ligação de Valência de Lewis (Estilo de Pensamento dos químicos) com a teoria do átomo de Bohr (Estilo de Pensamento dos físicos) para constituir novos rearranjos da ligação.

Em suma, no exemplo de Souza e Aires (2022), foi realizado uma análise historiográfica da ligação química por meio da epistemologia de Fleck, e dessa forma, foi apresentado como um EH pode contribuir para o Ensino de Ciências.

A partir do entendimento das potencialidades dos EH para “uso didático” no Ensino de Ciências, é que decidimos utilizá-los como objeto de análise nesta pesquisa. Assim, estruturamos a SD com base em três EH, a saber: “História do DNA”, “Evolução dos Modelos Atômicos e Antiatomismo” e “Evolução do Benzeno”. Destes, apenas o EH “História do DNA” foi analisado devido ao volume de dados constituídos no desenvolvimento da SD. Houve ainda, um EH elaborado, mas não desenvolvido por causa da limitação da carga horária escolar, conforme consta no APÊNDICE B.

O objetivo da aula inaugural foi compreender quais são as concepções sobre ciência e cientistas apresentadas pelos estudantes. Após, foi realizada uma reflexão sobre concepções de ciência, como a empírico-indutivista, incluindo as etapas do método científico, assim como a concepção de ciência investigativa e construtivista. Neste momento fizemos algumas perguntas problematizadoras para dar início à discussão sobre a NdC. Finalmente, apresentamos a epistemologia de Fleck (2010), explicando seus conceitos principais como Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento. Em cada EH realizamos uma avaliação, utilizando instrumentos diferentes como: textos de fontes primárias ou secundárias sobre História da Ciência, a exemplo do artigo clássico de Watson e Crick (1953), traduzido, para a “História do DNA”; Pereira e Silva (2018) para a “História do Antiatomismo” e Menezes e Chaves (2022) para o episódio da “Evolução do Benzeno”.

A decisão pela escolha do EH do DNA ocorreu porque foi por meio deste, que compreendi o conceito epistemológico de Estilo de Pensamento ao realizar leitura em fontes secundárias, a exemplo de Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), como explicado em Souza (2020), Apêndice 1.

Além disso, a construção social do DNA é um dos EH mais bem-sucedidos do século XX, no qual ocorreu mutação no Estilo de Pensamento e gerou o desenvolvimento de Fatos Científicos em várias áreas da ciência. Particularmente,

foi o episódio que mais havia estudado anteriormente e tinha segurança para propor um caminho para o desenraizamento do Ensino Tradicional de Ciência.

Este episódio, em termos de análise epistemológica, representou a Emergência de um Fato Científico. A saber: a formação da dupla hélice na molécula do DNA, que contribuiu para o nascimento da biologia molecular e da genética. Comparativamente, Fleck (2010) assume que a sorologia veio a nascer devido a Emergência da Reação de Wassermann (Fato Científico por ele estudado). Depois, foi realizada uma discussão sobre a construção social do DNA, junto aos estudantes, com enfoque em fontes secundárias de Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005) e Silva, Viana e Justina (2016).

O EH a respeito do DNA foi pensado e constituído sob inspiração de Fleck (1979, 1980, 2010) e por meio de estudos em Souza e Aires (2024a, 2024b). Esse EH consta na íntegra no APÊNDICE A.

Quanto aos conteúdos científicos de química, na aula sobre concepções de ciência foi ministrado o conteúdo de substâncias que conduzem eletricidade, como os eletrólitos Na^+ e Cl^- , durante a explicação das etapas do método científico. Nas aulas sobre a epistemologia de Fleck, o conteúdo intrínseco referiu-se às Infecções Sexualmente Transmissíveis (ISTs) e o contexto histórico da Segunda Guerra Mundial, o que colaborou também para a interdisciplinaridade.

No episódio da “História do DNA”, os conteúdos químicos que estão presentes são estrutura molecular, ligação química e funções orgânicas nitrogenadas. Já os conteúdos de biologia são as estruturas das proteínas e a dupla hélice do DNA, além das bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina) e abertura para compreensão da biologia molecular e genética. Na construção social do DNA, cabe a interdisciplinaridade das disciplinas científicas, tais como a Biologia, a Química e a Física.

No episódio sobre a “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”, os conteúdos científicos utilizados foram a evolução dos modelos atômicos e as teorias rivais do atomismo *versus* antiatomismo, como a teoria dos quatro elementos de Aristóteles e o energeticismo, cujo principal representante foi Wilhelm Ostwald (1853-1932), conforme Pereira *et al.* (2021).

E, finalmente, no EH sobre a “Evolução do Benzeno”, os conteúdos químicos ministrados foram a tetravalência do carbono, a função orgânica Hidrocarbonetos,

cadeias carbônicas: cadeia cíclica, síntese do benzeno, conteúdos comumente atribuídos ao terceiro ano do Ensino Médio. Este EH, foi elaborado como maneira de adaptação ao novo Ensino Médio, já que os estudantes do segundo ano não teriam contato com a Química Orgânica, como acontecia anteriormente, em especial os estudantes do itinerário de ciências humanas. Nesse caso, o episódio da “Evolução do Benzeno” foi especialmente planejado e desenvolvido para o Ensino Médio.

Ademais, o Episódio da “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo” foi elaborado durante realização da Prática de Docência II dentro da universidade para ingressantes do curso de Bacharelado e Licenciatura em Química, pois inicialmente se pretendia trabalhar com formação de professores e não diretamente na Educação Básica. Dessa maneira, uma adaptação para o Ensino Médio foi necessária. Em alguns momentos do desenvolvimento da Sequência, o enfoque do ensino foi voltado à construção do conhecimento científico e, não somente, ensinar a epistemologia de Fleck (ou epistemologia da ciência).

No entanto, como houve produção de muitos dados ao desenvolvermos os três EH, nesta pesquisa serão apresentados, no próximo capítulo, apenas os dados referentes ao EH relativo a “História do DNA”.

5.3 A ESTRUTURA PEDAGÓGICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD): “A EPISTEMOLOGIA DE FLECK EM EPISÓDIOS HISTÓRICOS”

A Estrutura Pedagógica da Sequência Didática (SD) corresponde a uma adaptação da “Unidade 04” de³⁹ Zabala (1998, p. 58), com exceção da aula referente à epistemologia de Fleck, que representou uma adaptação da “Unidade

³⁹ De acordo com Zabala (1998), as unidades didáticas são maneiras como o professor organiza e ministra suas aulas em classe. Estas podem ser organizadas em quatro formatos, variando de um ensino mais passivo ao mais ativo dos estudantes. Classifica-se como Unidade 01, de cunhos textuais, quando se segue capítulos ou textos, de conteúdos específicos. A exemplo como ocorre nas aulas de cursos pré-vestibulares, com acompanhamento de apostilas e com objetivo de aprendizagem de conceito científico. Na Unidade 02 é trabalhado um único conceito ou habilidade, geralmente voltado para o ensino e aprendizagem da matemática, ou nas ciências exatas, visando resolução de exercícios e avaliação formal. Exemplo: as listas de exercícios, comum no Ensino Tradicional de Ciências: apresentação do conteúdo e resolução de problemas. Na Unidade 03 destacam-se abordagens temáticas, quando integram diversos conteúdos em torno de um tema comum – foi a unidade escolhida para as aulas de concepções de ciência e epistemologia de Fleck, incluindo a finalização da unidade com “A História do DNA”. Já na Unidade 04, ministram-se aulas com projetos pedagógicos, quando envolvem atividades investigativas com participação ativa dos alunos. Esta Unidade foi a que adotamos no desenvolvimento dois episódios históricos nessa pesquisa, a saber: “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo” e “A Evolução do Benzeno”.

03". A "Unidade 04", por sua vez, é um exemplo de unidade de intervenção com maior grau de possibilidade de participação dos alunos, sendo adaptável ao Ensino Médio e à área de ciências naturais. Esta estrutura abarca conteúdos conceituais (C) com o "saber", os conteúdos procedimentais (P) correspondendo ao "saber fazer" e os aspectos de conteúdos atitudinais (A) significando o "ser", exemplificando: ser mais cooperativo, crítico, tolerantes uns com os outros, mais solidários. Esses aspectos emergem, uma vez que as atividades suscitarem conflitos pessoais e demandas de sociabilidade.

Em síntese, pretende-se que os(as) estudantes "saibam" os temas abordados na SD, assim como os conteúdos científicos, contribuindo no desenvolvimento de habilidades conceituais (C). Quanto aos conteúdos procedimentais (P), deseja-se que "saibam fazer" diálogos e propor debates. Relativo aos conteúdos atitudinais (A), espera-se que "sejam" participativos nas aulas e respeitosos uns com os outros.

Neste caso, os alunos controlam o ritmo da sequência, uma vez que esta almeja envolvê-los de forma contínua, explorando simultaneamente várias habilidades como: o diálogo, o debate, o trabalho em pequenos grupos, a pesquisa bibliográfica, bem como as trocas de informações com os professores.

As Estruturas Pedagógicas da SD, conforme Zabala (1998) são apresentadas adiante. A estrutura das aulas introdutórias **Concepções de Ciência**, que abrangem as aulas 01 a 03, é apresentada no QUADRO 5.

QUADRO 5- Estrutura Pedagógica das Aulas 01 a 03- Concepções de Ciência

Adaptação "Unidade 04" de Zabala (1998, p. 58)	Descrição de cada etapa da Aula	Conteúdos
1. Apresentação de um tema por parte da professora.	A professora desenvolveu o tema "Concepções de Ciência" para tratar sobre a Natureza da Ciência. Apresentou dois vídeos do <i>Youtube</i> , sendo um sobre "Método Científico" e outro sobre reflexões sobre ciência. A transmissão foi realizada pela tv da sala de aula.	Conceituais (C)
2. Proposição de problemas ou questões.	Questões problematizadas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Como você define (entende) a ciência? 2. Para que serve a ciência? 3. Como os (as) cientistas constroem o conhecimento? 4. Quais são as aplicações da ciência na nossa vida cotidiana? 	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
3. Respostas intuitivas ou suposições.	Os alunos, coletiva e individualmente dirigidos e ajudados pela professora, expõem as respostas intuitivas sobre as questões reflexivas.	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
4. Proposta das fontes de	Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pela professora, propõem as fontes de	Conceituais (C); Procedimentais(P);

informação.	informação mais apropriadas para cada uma das questões. Propostas de fontes: Google®.	Atitudinais (A).
5. Busca da informação.	Alunos coletivamente trocam as informações contidas nos vídeos, assistindo-os novamente, e anotam as informações relevantes.	Procedimentais(P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
6. Elaboração de Conclusões.	Os alunos, coletiva e/ou individualmente, dirigidos e ajudados pela professora, elaboram as conclusões que se referem às questões.	Procedimentais (P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
7. Generalização das conclusões e síntese.	Com as contribuições do grupo e as conclusões obtidas, a professora estabelece os princípios que se deduzem do trabalho realizado. As respostas dos alunos, após discussão e diálogos, são escritas no Quadro com giz.	Conceituais (C)

FONTE: adaptado de Zabala (1998, p. 58 e 60).

Para a adaptação da estrutura de Zabala (1998, p. 58), foram realizadas algumas alterações nas etapas finais da “Unidade 04”, referentes aos exercícios de memorização e aplicação de provas ou exames, uma vez que nossa avaliação ocorreu de maneira distinta, propondo privilegiar o resultado de toda participação e envolvimento de cada estudante na SD. Nesse sentido, realizamos uma avaliação processual ao longo da Sequência. Além disso, propõe-se ir além deste autor, no que concerne às atividades associadas aos aspectos de ações sociopolíticas, com o intuito de formar estudantes mais críticos em relação aos aspectos da NdC, uma vez que nosso intuito foi romper com o Ensino Tradicional de Ciência e, apresentar aos discentes uma nova epistemologia de ciência, isto é, a epistemologia fleckiana.

A estrutura pedagógica das aulas de fundamentação teórica sobre **A Epistemologia de Fleck** (aulas 04 e 05), bem como a análise do **episódio “História do DNA”** (aulas 06 e 07), é apresentada detalhadamente no QUADRO 6.

QUADRO 6- Estrutura Pedagógica das Aulas 04 e 05- A Epistemologia de Fleck – e das Aulas 06 e 07 – História do DNA

Adaptação “Unidade 03” de Zabala (1998, p. 57)	Descrição de cada etapa da Aula	Conteúdos
1. Apresentação, por parte da professora, sobre um fato, que são desconhecidos para os alunos.	A epistemologia de Fleck foi apresentada aos estudantes do Ensino Médio. Entre os assuntos abordados, estavam vida e obra de Ludwik Fleck, exemplo do seu estudo de caso, isto é, a história da sífilis.	Conceituais (C)
2. Diálogo entre professora e alunos. Abertura para dúvidas, questões e problemas relacionados ao fato.	A vida de Fleck sugere diálogos sobre o contexto histórico da Segunda Guerra, gueto, holocausto, vacina contra tifo.	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
3. Comparação entre diferentes pontos de vista.	Discussão sobre perspectivas distintas de concepção de ciência, tais como empírico-indutivista e perspectiva fleckiana sobre ciência (matriz biológica, área da saúde).	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).

4. Conclusões	A partir de discussão do grupo e de suas contribuições, a professora estabelece as conclusões da fundamentação teórica.	Conceituais (C).
5. Generalização.	A professora estabelece os princípios da epistemologia fleckiana. Ensino de conceitos fleckianos: Coletivo e Estilo de Pensamento.	Conceituais (C).
6. Avaliação: na classe, os alunos responderam às perguntas durante a hora/aula de Química.	Leitura e interpretação do artigo clássico de Watson e Crick de 1953, caracterizado como fonte primária de História da Ciência. O artigo estava traduzido em português.	Conceituais (C).
7. Resultados: a professora comunica os resultados obtidos.	Discussão sobre a construção social do DNA.	Conceituais (C).

FONTE: adaptado de Zabala (1998, p. 57 e 60).

Na “Unidade 03”, de acordo com Zabala (1998, p. 57), também ocorre o ensino por tema, não há nesta estrutura o ensino estritamente conceitual. Nesse caso, o tema envolvido foi a própria epistemologia da ciência, o ensino da ciência das ciências, o pensar sobre a ciência.

Ademais, o professor possui papel central nesta Unidade, cuja mediação faz parte das etapas 2 e 3 do QUADRO 6, que envolvem o diálogo e discussão em grupo, fundamental para a participação dos estudantes.

As etapas 4 e 5 são dedicadas ao ensino de conceitos, sejam estes científicos ou relacionados às abordagens de epistemologia da ciência. Como parte da avaliação processual, foi realizada leitura e interpretação do artigo traduzido de Watson e Crick (1953), etapa 6. Ao final, houve a discussão sobre a construção social do DNA. Nesta etapa (7), foi ensinado conceitos epistemológicos, concomitantemente aos científicos.

A Estrutura Pedagógica do EH referente à **Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo**, aulas 08 a 10, foi uma adaptação da “Unidade 04” de Zabala (1998, p. 58) e está apresentada no QUADRO 7.

QUADRO 7- Estrutura Pedagógica das Aulas 08 a 10- Evolução dos Modelos Atômicos e Antiatomismo

Adaptação “Unidade 04” de Zabala (1998, p. 58)	Descrição de cada etapa da Aula	Conteúdos
1. Apresentação de um tema por parte da professora.	A professora desenvolveu o tema “Átomo” para estudo da História do Antiatomismo. Apresentação do vídeo “A pesquisa pelo átomo que dura 2.400 anos”, da rede Youtube, seguido da apresentação de uma figura sobre “A Evolução dos Modelos Atômicos”. Usou-se televisão e Internet.	Conceituais (C)

2. Proposição de problemas ou questões.	Questões problematizadas: 1. Por que existem vários modelos atômicos? 2. Por que existiu uma paralisação de 2.400 anos sobre a ideia de átomo?	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
3. Respostas intuitivas ou suposições.	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
4. Proposta das fontes de informação.	Alunos coletivamente trocam as informações contidas nos vídeos, assistindo-os novamente. Há a leitura do Storytelling (fonte secundária de História da Ciência).	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
5. Busca da informação. Realizada durante a aula, pertencente à avaliação processual.	Questões para busca de informação: 1. Quais foram as teorias rivais na história do antiatomismo? 2. Como os cientistas pensaram a transformação da matéria? 3. O que os cientistas do século XIX defenderam sobre a hipótese atômica enquanto realizaram suas pesquisas na química? 4. Quais mudanças ocorreram na percepção sobre átomo ao longo da história do antiatomismo?	Procedimentais(P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
6. Elaboração de Conclusões.	Discussão da Natureza da Ciência no episódio histórico sobre o antiatomismo.	Procedimentais (P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
7. Generalização e síntese.	A professora explicou os principais conceitos epistemológicos presentes no episódio em estudo.	Conceituais (C)

FONTE: adaptado de Zabala (1998, p. 58 e 60).

Por fim, a Estrutura Pedagógica referente ao episódio **Evolução do Benzeno**, aulas 11 e 12, seguiu uma adaptação da “Unidade 04” de Zabala (1998, p. 58), e está exposto no QUADRO 8.

QUADRO 8- Estrutura Pedagógica das Aulas 11 e 12 - Evolução do Benzeno

Adaptação “Unidade 04” de Zabala (1998, p. 58)	Descrição de cada etapa da Aula	Conteúdos
1. Apresentação de um tema por parte da professora.	A professora desenvolveu o tema “produtos químicos” para estudo da Evolução do Benzeno. Utilizaram-se alguns exemplos de produtos químicos e suas influências ambientais. Tais como, Nitrato de Amônio, CFC, talidomida, DDT.	Conceituais (C)
2. Proposição de problemas ou questões.	Questões problematizadas: 1. Quais produtos químicos você conhece? Quais já teve contato? 2. Como você identifica e/ou classifica os produtos químicos? 3. Você possui conhecimento sobre algum acidente que envolveu produto químico? Se sim, cite qual(is) e o que ocorreu.	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
3. Respostas intuitivas ou suposições.	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).
4. Proposta das fontes de informação.	Assistiu-se ao vídeo do Youtube intitulado “A historicidade do benzeno: artefatos tecnocientífico”, o qual foi um trabalho	Conceituais (C); Procedimentais(P); Atitudinais (A).

	apresentado no Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia (18SNHCT). Houve a leitura do episódio “A Evolução do Benzeno” (fonte secundária de História da Ciência).	
5. Busca da informação. Releitura do episódio histórico.	Questões para busca de informação: 1. Quais foram as controvérsias na definição da estrutura do benzeno? 2. Qual a contribuição de Loschmidt para a química? Por que Loschmidt não obteve reconhecimento acadêmico? 3. Por qual motivo Kekulé foi o químico mais reconhecido em relação à estrutura do benzeno? 4. Quais outros cientistas/químicos aparecem no estudo da evolução do benzeno?	Procedimentais(P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
6. Elaboração de Conclusões.	Discussão da Natureza da Ciência no episódio histórico “A Evolução do Benzeno”.	Procedimentais (P); Conceituais (C); Atitudinais (A).
7. Generalização e síntese.	Realizou-se a mediação sobre a discussão da Natureza da Ciência e A Evolução do Benzeno.	Conceituais (C)

FONTE: adaptado de Zabala (1998, p. 58 e 60).

Após finalização da SD, houve o retorno à escola para apresentação dos resultados parciais⁴⁰ da pesquisa, a fim de que se cumprisse o trabalho ético, como recomendado pelo Comitê de Ética da Pesquisa - Ciências Humanas e Sociais da UFPR (CEP/CHS). Houve diálogo com a direção da escola, exposição de material didático e uma última aula com a turma do itinerário de ciências exatas. Nesta, foram discutidos e mediados aspectos da NdC no episódio da “Evolução do Benzeno”, constantes nas etapas 6 e 7 do QUADRO 8.

5.4 ESTRUTURA PRÁTICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Estrutura Prática da Sequência Didática (SD) é composta por 12 aulas e estruturada em dois momentos, sendo o Momento I: planejamento e desenvolvimento da Sequência Didática (SD) e, o Momento II: análise epistemológica fleckiana por meio da Análise de Conteúdo (do tipo temático-categorial), assim como apresentado na FIGURA 11.

⁴⁰ A saber: pôster e MOMADIQ publicado no XXII Encontro Nacional de Ensino de Química. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxii-encontro-nacional-de-ensino-de-quimica-397660/821291-episodios-historico--artefatos-quimicos-e-a-historicidade-do-benzeno/>. Acesso em: 08 ago. 2025. E slides apresentados no 2º Encontro Sul-Mineiro em História, Filosofia e Ensino de Ciências. Disponível em: <https://www.esmhfec.com/apresentacao1>. Acesso em: 08 ago. 2025.

5.4.1 Momento I – Planejamento e Desenvolvimento da Sequência Didática

O planejamento das aulas da SD está apresentado no QUADRO 9.

QUADRO 9 - Planejamento das Aulas da Sequência Didática (SD)

Data	Descrição da Aula	Recursos	Carga Horária
18/09/2023	Apresentação da pesquisadora Isis Lidiane e Aula 01 – Concepções de Ciência Objetivo: Realizar o levantamento dos Conhecimentos Prévios. (Detalhamento QUADRO 05 e Apêndice A).	Questionário impresso e quadro de giz.	50 min.
20/09/2023	Aula 02 - Concepções de Ciência Objetivos: Discutir a concepção empírico-indutivista, a partir do Método Científico. https://www.youtube.com/watch?v=N75sMDdjl0&list=PLUzh1am23jTZR6-pNUhVthfPz2v4oZQyd&index=14 Discutir a concepção investigativa. https://www.youtube.com/watch?v=Js3XxXyD0II (Detalhamento QUADRO 05 e Apêndice A).	Tv com acesso à Internet, slides de <i>Power Point</i> (ou PDF), vídeos da plataforma <i>Youtube</i> e quadro de giz.	50 min.
25/09/2023	Aula 03 – Concepção de Ciência Objetivos: Discutir concepções de ciência e Introduzir o conceito de Coletivo de Pensamento (CP). CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 17-22. FLECK, L. Gênese e desenvolvimento de um fato científico. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. (Detalhamento QUADRO 05 e Apêndice A).	Tv com acesso à Internet e slides de <i>Power Point</i> (ou PDF).	50 min.
27/09/2023	Aula 04 - Epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961) Objetivo: Apresentar a epistemologia de Fleck (2010). FLECK, L. Gênese e desenvolvimento de um fato científico. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. (Detalhamento QUADRO 06 e Apêndice A).	Tv com acesso à Internet e slides de <i>Power Point</i> (ou PDF).	50 min.
02/10/2023	Aula 05 - Epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961) Objetivo: Apresentar a epistemologia de Fleck (2010). FLECK, L. Gênese e desenvolvimento de um fato científico. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. (Detalhamento QUADRO 06 e Apêndice A)	Tv com acesso à Internet e slides de <i>Power Point</i> (ou PDF).	50 min.
04/10/2023	Aula 06 – A História do DNA: Artigo Clássico de Watson e Crick. Objetivos: Discutir aspectos da Natureza da	Artigo impresso traduzido para língua portuguesa e quadro de	50 min.

	<p>Ciência; apresentar fonte primária de História da Ciências.</p> <p>BLOG DA BIOLOGIA E EDUCAÇÃO. Artigo traduzido: uma estrutura para o ácido desoxirribonucleico. Tradução: CAMILO, J. https://biologiaeeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 06 e Apêndice A).</p>	giz.	
09/10/2023	<p>Aula 07 – Discussão sobre a Construção Social do DNA.</p> <p>Objetivos: Discutir aspectos da Natureza da Ciência; apresentar fonte primária de História da Ciências.</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18</p> <p>(Detalhamento QUADRO 06 e Apêndice A).</p>	Artigo impresso, Tv com acesso à Internet, slides de <i>Power Point</i> (ou PDF), vídeos da plataforma <i>Youtube</i> e quadro de giz.	50 min.
11/10/2023	<p>Aula 08 – A Evolução dos Modelos Atômicos.</p> <p>Objetivos: Revisar os modelos atômicos; discutir aspectos da Natureza da Ciência.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 07 e Apêndice A).</p>	Tv com acesso à Internet, slides de <i>Power Point</i> (ou PDF), vídeos da plataforma <i>Youtube</i> e quadro de giz.	50 min.
16/10/2023	<p>Aula 09 – Episódio Histórico do Antiatomismo.</p> <p>Objetivo: Discutir aspectos da Natureza da Ciência.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 07 e Apêndice A).</p>	Episódio impresso e quadro de giz	50 min.
18/10/2023	<p>Aula 10 – Discussão sobre a Natureza da Ciência na História do Antiatomismo.</p> <p>Objetivo: Discutir aspectos da Natureza da Ciência.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 07 e Apêndice A).</p>	Episódio impresso, tv com acesso à Internet e quadro de giz.	50 min.
24/11/2023	<p>Aula 11 – A Evolução do Benzeno.</p> <p>Objetivo: Discutir aspectos da Natureza da Ciência.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 08 e Apêndice A).</p>	Episódio impresso e quadro de giz.	50 min.
27/11/2023	<p>Aula 12 – Discussão sobre a Evolução do Benzeno.</p> <p>Objetivo: Discutir aspectos da Natureza da Ciência.</p> <p>(Detalhamento QUADRO 08 e Apêndice A).</p>	Episódio impresso, tv com acesso à Internet e quadro de giz.	50 min.
04/12/2023	Exame de Qualificação da Tese.	-----	-----
06/12/2023	<p>Recuperação/Revisão e apresentação dos resultados parciais da pesquisa na escola.</p> <p>Objetivo: Revisar sobre aspectos da Natureza da Ciência.</p>	Tv com acesso à Internet, slides de <i>Power Point</i> (ou PDF). Quadro de giz.	50 min.
25/11/2024	<p>Aula Final e apresentação dos resultados parciais da pesquisa na escola.</p> <p>Objetivo: Revisar sobre aspectos da Natureza da Ciência.</p>	Tv com acesso à Internet, slides de <i>Power Point</i> (ou PDF). Quadro de giz.	50 min.

FONTE: Autoria própria (2025).

A seguir, é descrito como sucedeu-se o desenvolvimento das aulas da SD.

Aulas 01 a 03 – Concepções de Ciência

Na aula 01, houve o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre suas concepções de ciência. Durante esta aula, foi realizada junto aos estudantes a leitura de um questionário, das seguintes problemáticas: “Quando você pensa sobre ciência, como a entende? Como se faz ciência? Quem faz ciência? Para que serve a ciência? (APÊNDICE A).

As aulas 02 e 03 foram destinadas à apresentação do tema “Concepções de Ciência”, cujo objetivo foi discutir a Natureza da Ciência (NdC), tal como a concepção empírico-indutivista. Durante a aula teve a apresentação das etapas do método científico (definição do problema; proposição de hipóteses; testar as hipóteses por meio da experimentação, formular uma teoria ou conceito e conclusão). Houve o cuidado para dar ênfase à dependência que a observação tem da teoria, com base teórica em Chalmers (1993).

Além da apresentação do método científico, fez parte da aula uma introdução da perspectiva investigativa na ciência e a noção de Coletivo de Pensamento. Com a finalidade de mediar sobre esse conceito fleckiano, houve a apresentação da foto do Congresso de Solvay de 1927, em que ocorreu o debate científico entre Albert Einstein (1879-1955) *versus* Niels Bohr (1885-1962), a respeito da teoria da mecânica quântica.

Para os primeiros minutos da aula, realizou-se a transmissão do vídeo “Mundo de Beakmann”, com duração aproximada de oito minutos, sendo o tempo escolhido no vídeo entre 1min 40s até 9 min. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GbjIO6IfGA0>. Acesso em 21 agosto de 2023. Em seguida, houve a transmissão do segundo vídeo, intitulado “O que é ciência? Como a ciência funciona?”, pertencendo ao canal Revista Científica Núcleo do conhecimento, com duração total de dez minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Js3XxXyD0II>. Acesso em 21 de agosto de 2023. Esta etapa correspondeu a etapa 1 de Zabala (1998).

A próxima etapa da aula foi a proposição de problemas e questões relacionadas ao tema “Concepções de Ciência”, correspondente a etapa 2 de Zabala (1998). As questões problematizadas foram: 1. Como você define(entende) a ciência? 2. Para que serve a ciência? 3. Como os(as) cientistas constroem o conhecimento? 4. Quais são as aplicações da ciência na nossa vida cotidiana?

Os estudantes tiveram cinco minutos para refletirem sozinhos, e, após, sugeriu-se que conversassem coletivamente para que fosse possível as trocas de pensamentos. Foi solicitado aos discentes que escrevessem suas respostas no próprio caderno e comentassem verbalmente sobre suas concepções prévias. Esse tempo ocorreu em 15 minutos.

Em seguida, foi realizado o levantamento das concepções prévias dos estudantes por meio do diálogo para ouvir as respostas deles. Solicitou-se a exposição das respostas intuitivas ou suposições sobre as questões de problematização. O tempo total foi de 12 minutos. Esta etapa correspondeu a etapa 3 de Zabala (1998).

No intervalo da Aula 02 e 03 seria interessante solicitar uma situação adidática, em que se sugerisse a busca por informações por meio de fontes/referenciais que proporcionem aos estudantes selecionar e classificar os dados discutidos durante a aula decorrente. Ou seja, uma tarefa de pesquisa inicial sobre as questões-problemas, a ser entregue na Aula 03 por escrito. O intuito da atividade adidática é a formação de conceitos prévios e o exercício de busca de informação, caracterizando as etapas 4 e 5 de Zabala (1998), bem como a avaliação processual. Contudo, a situação adidática foi planejada, porém não foi aplicada por recomendação do professor regente das turmas, por razão de não ser comum retorno de produtividade em situações adidáticas, isto é, ações fora da sala de aula. Assim, as ações prioritárias corresponderam exclusivamente às situações didáticas, com auxílio dos professores (regente e pesquisadora) durante a aula.

Após discussão das questões, houve a elaboração de conclusões por parte dos alunos, correspondendo a etapa 6 de Zabala (1998). Por fim, depois das contribuições dos estudantes foram elaboradas conclusões e síntese. Por sua vez, as respostas das questões problematizadas foram escritas no quadro de giz, fechando a etapa 7 desta unidade didática. Os slides das aulas ministradas e fotos constam no APÊNDICE A.

Aulas 04 e 05 – A Epistemologia de Fleck

Aulas destinada à apresentação da epistemologia de Ludwik Fleck (1896–1961) com os aspectos de sua vida e obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, originalmente de 1935. Foi apresentado o estudo de caso realizado por Fleck (1979, 1980, 2010), a respeito da história da sífilis, além de mostrar as

características da obra fleckiana, como o modelo biológico para se pensar a ciência, a ideia de construção coletiva do conhecimento científico e a apresentação dos principais conceitos fleckianos, tais como Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento. A apresentação dos slides referentes as Aulas 04 e 05 estão disponíveis no APÊNDICE A.

A aula sobre fundamentação da epistemologia Fleck foi a única correspondente à estrutura da “Unidade 03” da SD, referente a Zabala (1998), uma vez que foram aulas de caráter expositivo, a respeito da teoria do conhecimento da obra fleckiana. Apesar de haver abertura para diálogo e discussão do tema proposto, conforme participação dos estudantes. Corresponde a uma adaptação da “Unidade 03” de Zabala (1998), pois não houve exercício de memorização antes da avaliação, como sugerido originalmente para essa unidade.

Aula 06 – A História do DNA: artigo clássico de Watson & Crick

Aula destinada à leitura e interpretação do artigo clássico de Watson e Crick (1953), traduzido para língua portuguesa. O objetivo desta aula foi o de apresentar o desenvolvimento da análise epistemológica fleckiana na História da Ciência. A história escolhida foi a da construção social do DNA, constando os slides desta aula no Apêndice A (p. 242-244). Essa aula corresponde a etapa 6 da SD de Zabala (1998), “Unidade 03”, conforme QUADRO 6.

Após leitura do artigo de Watson e Crick (1953), as seguintes questões foram problematizadas, tendo Fleck (1979, 1980, 2010), Moura (2014), Silva e Aires (2014), Silva *et al.* (2014) como inspiração: 1. Como o modelo construído por Watson e Crick pode ser explicado? 2. Qual foi a utilidade do modelo de Watson e Crick para a ciência? 3. Quais foram os conhecimentos anteriores que contribuíram para que Watson e Crick construíssem o modelo do DNA? 4. Quais aspectos epistemológicos fleckianos e da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA? Para respostas à última questão, indicou-se a consulta das categorias fleckianas, bem como aos conceitos de Natureza da Ciência, presentes no QUADRO 9.

Aula 07 – Discussão sobre a Construção Social do DNA

Aula destinada às discussões sobre a Natureza da Ciência e a epistemologia de Fleck na História do DNA. O objetivo pedagógico desta aula foi realizar generalização das conclusões e síntese, correspondendo a etapa 7 de Zabala (1998), conforme QUADRO 6.

Dentre os objetivos, perceber as contribuições do grupo e suas conclusões obtidas das aulas anteriores e realizar revisão dos conceitos científicos e epistemológicos abordados em sala de aula. Nessa aula foi possível apresentação de uma rica análise epistemológica, que envolveu a construção do conhecimento científico da dupla hélice e questões éticas na História do DNA. Em relação à ética na pesquisa científica, o episódio apresentou o caráter de negociação na ciência, a desigualdade de gênero, a centralidade da “descoberta” no Coletivo de Pensamento e a característica do trabalho coletivo. Assim, para a aula foi utilizado o vídeo “a construção social da ‘descoberta’ do DNA”, presente no canal Marília Rezende. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18&t=22s>. Acesso em 15 jan., 2025. Este vídeo, por sua vez, foi utilizado como apresentação do tema, mas a história da construção social do DNA foi contada e discutida no decorrer da aula.

Na leitura da História do DNA, podemos perceber as categorias *a priori*: Emergência de um Fato Científico, Mutação no Estilo de Pensamento e Harmonia das Ilusões como os mais latentes. Contudo, as categorias Coletivo e Estilo de Pensamento estão presentes solidamente neste episódio, conforme apresentados no QUADRO 9 e no APÊNDICE A.

Aula 08 e 09 - A Evolução dos Modelos Atômicos e a História do Antiatomismo

Aula destinada à revisão dos modelos atômicos: noção atômica (Pré-ideia ou Protoideia) dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, hipótese atômica de Dalton, teoria atômica de Thomson, teoria atômica de Rutherford e teoria atômica de Bohr. Essa aula também teve como objetivo realizar a leitura do *storytelling* da História do Antiatomismo.

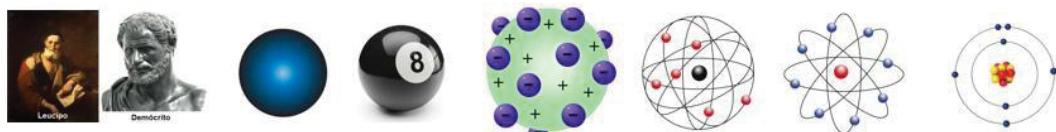
Primeiramente, foi realizada uma revisão da evolução dos modelos atômicos – desde Leucipo e Demócrito, século V a. C, até a hipótese atômica de Dalton, século XIX, e, após, as Teorias Atômicas de Thomson, Rutherford, Bohr. Apresentação de vídeo do Youtube intitulado “A pesquisa pelo átomo que dura 2.400 anos – Theresa Doud”, do canal TED-ED, com duração de 5min 22s. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=xazQRcSCRaY>. Acesso em 23 de agosto de 2023. Essa apresentação do tema corresponde a etapa 1 de Zabala (1998).

Uma apresentação de imagem sobre a evolução dos modelos atômicos é mostrada na FIGURA 8.

FIGURA 8- Apresentação de Modelos Atômicos

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS



FONTE: Google Imagens (diversos sites; busca realizada em agosto de 2023).

LEGENDA: Da esquerda para a direita: Leucipo e Demócrito, filósofos gregos do século V a.C., que formularam a ideia de átomo como a última partícula da matéria; a bola de bilhar, que representa o modelo atômico de Dalton; ao meio da figura, está o modelo atômico de Thomson, com os elétrons encrustados em toda a esfera; em seguida, duas representações do modelo de Rutherford e por fim, a representação do modelo de Bohr.

Em seguida, foram lançadas proposições de problemas, conforme a etapa 2 de Zabala (1998): 1. Por que existem vários modelos atômicos? 2. Por que existiu uma paralisação de 2.400 anos sobre a ideia de átomo?⁴¹

Após levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, correspondente as etapas 3 e 4 de Zabala (1998), estes são convidados a ouvir o *storytelling* (contação de história) sobre o antiatomismo, presente no APÊNDICE A.

A releitura do *storytelling* é colocada como tarefa de casa (avaliação processual), mas desta vez observando quais são as questões sobre Natureza da Ciência e epistemologia de Fleck (2010) que podem ser discutidas a partir da História do Antiatomismo (etapa 5 de Zabala, 1998).

Para ajudar na reflexão, indica-se a resolução dos problemas: 1) Quais foram as teorias rivais na História do Antiatomismo? 2) Como os cientistas pensaram a transformação da matéria? 3) O que os cientistas do século XIX defenderam sobre a hipótese atômica enquanto realizaram suas pesquisas na química? 4) Quais mudanças ocorreram na percepção sobre átomo ao longo da História do Antiatomismo?

Como no episódio anterior, para respostas às questões acima, indicou-se a consulta das categorias fleckianas, presentes no QUADRO 10.

⁴¹ Apesar de existir controvérsias de que Dalton não foi o primeiro depois de 2 mil anos a resgatar a hipótese atômica, decidimos manter essa linha de raciocínio, pois nos interessava realizar uma revisão sobre a evolução dos modelos atômicos, a pedido dos estudantes.

Aula 10 - Discussão sobre Natureza da Ciência na História do Antiatomismo

A proposta desta aula foi realizar a discussão a respeito da Natureza da Ciência e da epistemologia de Fleck na História do Antiatomismo. Como por exemplo, as rivalidades de pensamentos no século XIX em torno da construção da teoria atômica, que envolveu o embate científico entre atomistas, antiatomistas e instrumentalistas. Esta aula, correspondeu as etapas 6 e 7 da “Unidade 04” de Zabala (1998, p. 58), conforme descrição no QUADRO 7.

As reflexões sobre a epistemologia de Fleck (2010) na História do Antiatomismo seguiram as interpretações acerca das categorias *a priori* Protoideia, Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Fato Científico, Mutação no Estilo de Pensamento, Harmonia das Ilusões, Círculo Esotérico e Circulação Intercoletiva de Ideias, como apresentadas no QUADRO 30 no APÊNDICE A.

Aula 11- A Evolução do Benzeno

Aula destinada à apresentação da química como tecnociência e desse modo, apresentou-se a Evolução do Benzeno, um produto sintetizado por esta Ciência. A explicação sobre a Ciência Química manteve o embasamento teórico apresentado no QUADRO 10.

QUADRO 10 - A Química como tecnociência

A química é uma ciência tecnocientífica, pois sua especificidade encontra-se exatamente na preocupação material e operacional dos produtos. “A química tem como um de seus maiores objetivos estudar e mapear as propriedades das moléculas, bem como alguns sistemas macromoleculares, criar novas substâncias” (Zaterka, 2022, p. 278). Dessa maneira, essa ciência lida o tempo todo com as substâncias que nos rodeiam, tais como comidas, bebidas, materiais sintéticos, drogas e fármacos, além de armas biológicas, químicas e nucleares.

Como produtora de artefatos, a ciência química é inseparável da técnica, da tecnologia e da indústria. A química possui um caráter transgressor, em sentido antropológico: desafia as grandes divisões de nossa cultura; como as divisões entre o natural e o artificial; a natureza e a cultura; o inerte e o vivo; o puro e o impuro.

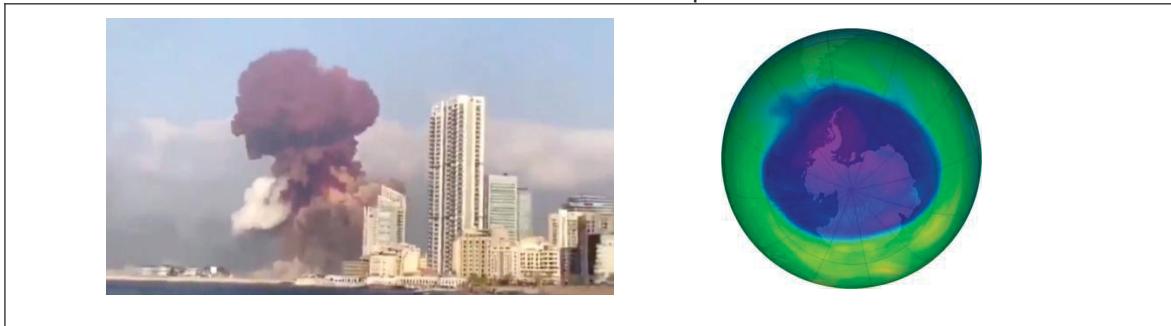
Em sentido epistemológico, a química desafia: a divisão estabelecida entre ciência e técnica; entre fazer e conhecer; entre representar e intervir. Em sentido ontológico: os químicos além de manipularem entidades materiais já conhecidas, criam, desafiando também a divisão entre realismo e positivismo (não realista). A ontologia dos objetos materiais se explicita a partir das coisas que os químicos consideram existir e que os permitem agir. Trata-se do “realismo de entidades”, como exemplo o caso de considerar os orbitais moleculares como existentes e pertencentes à natureza. Ou ainda, os elétrons e os átomos.

Alguns adjetivos colocados para a ciência química, segundo Zaterka (2022), são a ciência do concreto, de criar substâncias, artefatos como os plásticos que podem habitar por muitos anos no nosso planeta, bem como o CFC, o DDT, a Talidomida etc. A ciência impura que remete à degradação do meio ambiente, onde química e perigo são indissociáveis, como o caso que ocorreu em Beirute, em 2022, com o Nitrato de amônio, fundamental para fabricação de fertilizante, mas também um reagente muito explosivo.

Fonte: com base em Zaterka (2022).

Alguns exemplos de produtos químicos que causaram discussões no âmbito da História, Filosofia e Sociologia da Ciência – etapa 1 de Zabala (1998) - são apresentados na FIGURA 9.

FIGURA 9- Produtos Químicos e Impactos Ambientais

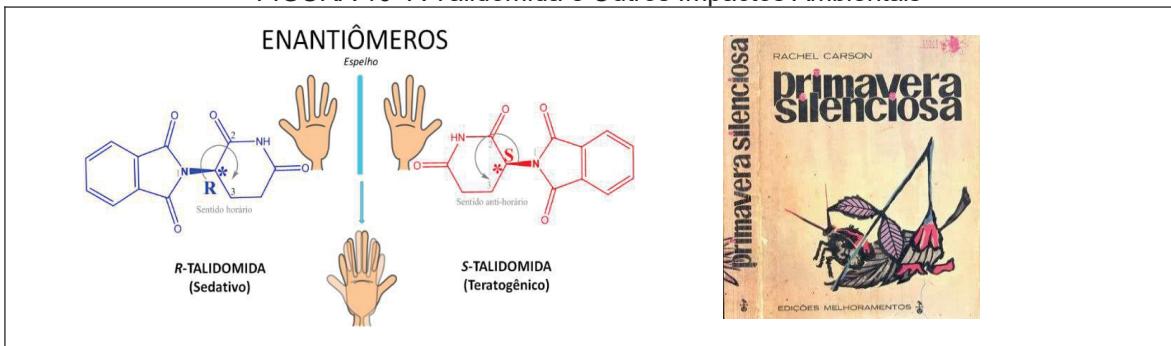


FONTE: Google Imagens (2023).

LEGENDA: Da esquerda para direita, explosão de Nitrato de Amônio em Beirute e representação do buraco na camada de ozônio ocasionado pelo CFC (Cloro-Flúor-Carbono).

Outros exemplos de produtos químicos são apresentados na FIGURA 10.

FIGURA 10- A Talidomida e Outros Impactos Ambientais



FONTE: Google Imagens (2023).

LEGENDA: Da esquerda para a direita, os enantiômeros da Talidomida; livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson (1907-1964) que sinalizou a toxicidade do DDT e uma nova discussão sobre os interesses da ciência e sua relação com a sociedade.

Utilizou-se a proposição de problemas, conforme etapa 2 de Zabala (1998): 1) Quais produtos químicos você conhece, quais já teve contato? 2) Como você identifica e/ou classifica os produtos químicos? 3) Você possui conhecimento sobre algum acidente que envolveu algum produto químico? Se sim, cite qual(is) e o que ocorreu.

Após, destinou-se alguns minutos para o levantamento das respostas intuitivas ou suposições dos(as) estudantes, esta etapa correspondeu a etapa 3 de Zabala (1998), de acordo com o QUADRO 8.

Realizado o levantamento das suposições dos estudantes, iniciou-se o EH sobre a Evolução do Benzeno. Assistiu-se o vídeo do Youtube intitulado “A historicidade do benzeno: a construção de um artefato tecnocientífico”, postado no canal PET ConecTTE, duração de cinco minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gk69PSzcfhk&list=PLcStu4W5GVLBUPPrGNf09yWe4U6BKjfx&index=24&t=4s>. Acesso em 23 de agosto de 2023.

Neste episódio, conhecemos uma biografia de um produto químico, apresentado em formato de episódio, o que correspondeu as etapas 4 e 5 de Zabala (1998), mostrado no APÊNDICE A.

Após reler o episódio sobre a Evolução do Benzeno, solicitou-se que os estudantes respondessem à questão: “Quais os aspectos sobre Natureza da Ciência e da epistemologia de Fleck (2010) podemos perceber neste episódio?”. Esta etapa correspondeu a etapa 6 de Zabala (1998) e a avaliação processual.

Para ajudar na reflexão sobre as categorias fleckianas, disponíveis para consulta, propôs-se os questionamentos: 1) Quais foram as controvérsias que envolveram a definição da estrutura do benzeno? 2) Qual foi a contribuição de Loschmidt para a química? 3) Por que o cientista Loschmidt não teve reconhecimento acadêmico? 4) Qual foi o motivo de Kekulé ter sido o químico mais reconhecido em relação à historicidade do benzeno? 5) Quais outros cientistas/químicos aparecem no estudo sobre a estrutura do benzeno? Usamos como referência Menezes e Chaves (2022).

Aula 12- Discussões sobre a Evolução do Benzeno

O objetivo desta aula foi realizar discussões sobre a Natureza da Ciência na Evolução do Benzeno.

Nesta aula, foi apresentada a generalização das conclusões e síntese a respeito da Evolução do Benzeno, correspondendo a etapa 7 de Zabala (1998), referente ao QUADRO 8. As possibilidades de discussão sobre a epistemologia de Fleck referem-se as categorias *a priori* de Fato Científico, Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, Mutação no Estilo de Pensamento, Círculo Esotérico, Circulação Intercoletiva de Ideias.

Já em relação aos elementos da Natureza da Ciência, além da construção do conhecimento em torno da estrutura do benzeno, podemos interpretar as relações sociais na ciência, como o reconhecimento acadêmico para alguns cientistas e apagamento de outros. A reflexão de como interpretamos cada categoria está no QUADRO 30 do APÊNDICE A.

5.4.2 Momento II – Critérios para a Análise Epistemológica Fleckiana

Como critério para análise dos dados, utilizamos as concepções de ciência presente na obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico” de Fleck (1979, 1980, 2010). Nesta, buscamos encontrar contribuições para os desmontes das concepções “ingênuas” ou não adequadas sobre o trabalho científico, já tão criticadas por educadores em ciências, tais como Gil-Pérez *et al.* (2001), Chalmers (1993), Moura (2014), Matthews (1995, 2012). Dessa maneira, atribuímos categorias *a priori* para contribuições de concepções adequadas sobre a ciência.

Os estudantes tiveram acesso às definições das categorias fleckianas ao longo de toda SD. As categorias *a priori* estão apresentadas no QUADRO 11.

QUADRO 11 - Categorias *a Priori*

Categorias	Interpretação
Protoideia	Ideias pré-científicas mais ou menos vagas que circulam entre Coletivos de Pensamento até serem legitimadas cientificamente. Fleck exemplificou o sangue sifilítico como protoideia da Sífilis, pois circulou pelo saber popular até ganhar espaço na cultura científica. Para a Química, Fleck utiliza o exemplo da ideia de átomo dos filósofos gregos como protoideia do conceito de átomo atual.
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pensamentos, valores, regras e normas. Dentro deste é formado o Estilo de Pensamento. Um Coletivo de Pensamento pode ser institucionalizado, como exemplo a comunidade científica, sociedades ou grupos de pesquisas.
Estilo de Pensamento	É uma percepção direcionada, modo <i>Gestalt</i> de observar um objeto, fato, fenômeno. Representa o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento e é um pensamento coercitivo ao sujeito.
Fato Científico	Objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Para Fleck, a sífilis representou um fato científico de maneira passiva e a Reação de Wassermann, teste diagnóstico da Sífilis, o modo ativo da construção do conhecimento humano.
Mutação no Estilo de Pensamento	Representa as transformações que ocorrem na teoria do conhecimento dentro de um Estilo de Pensamento. Comparação análoga a ideia de evolução, a qual ocorre de modo lento e gradativo.
Harmonia das Ilusões	Quando um(a) pesquisador(a) está enraizado(a) num Estilo de Pensamento. A harmonia das ilusões impede percepção de um novo Estilo de Pensamento ou a emergência de um fato científico.
Círculo Esotérico	Círculo de especialistas em determinada área. Os membros de um mesmo círculo

	possuem semelhança de linguagem e de percepção. É o saber especializado.
Círculo Exotérico	Círculo de pessoas leigas nos assuntos especializados. Podem conter pessoas no estilo 'leiga informada' e/ou especialistas de áreas distintas. Representa ainda, o saber popular.
Circulação Intracoletiva de Ideias	Circulação de pensamentos do saber especializado para o saber popular. Formação da opinião pública e fortalecimento da ciência na sociedade.
Circulação Intercoletiva de Ideias	Circulação de pensamentos dentro do círculo de especialistas (esotérico) ou entre Coletivos de Pensamentos próximos, pressupõem-se transformações no Estilo de Pensamento.
Natureza da Ciência sob olhar fleckiano	
<i>Gestalt</i>	Não é possível a observação neutra, pois são as teorias que orientam um olhar direcionado, a percepção da forma <i>Gestalt</i> . Não existe uma Relação Binária entre Sujeito e Objeto, e sim um terceiro elemento, o estado do saber ou estado do conhecimento.
Caráter histórico e provisório do conhecimento científico	A importância do percurso histórico para a construção do conhecimento. Como exemplo, as Protoideias apresentadas por Fleck (2010) como a sífilis e o átomo, ou ainda, a noção de valência (Souza, 2020). Além disso, não conseguimos abandonar o passado, com todos os seus "erros", uma vez que este continua vivo nos conceitos herdados, nas circulações de ideias, nas abordagens dos problemas, nas doutrinas nas escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições. Ademais, em Fleck (2010) vemos a analogia da teoria do conhecimento com a evolução biológica, que ocorre de modo lento e gradativo.
Pluralismo metodológico	A importância do caráter investigativo na ciência, de uma investigação sistematizada, onde o coletivo de cientistas dialoga o conhecimento e não se usa apenas o "método científico" com suas etapas.
Interdisciplinaridade	Reconhecer a importância que a circulação de ideias interdisciplinares possui para construção da ciência. Na História do DNA, após junção de três áreas do conhecimento: Biologia, Física e Química, chegou-se à estrutura da dupla hélice.
Controvérsias científicas	A existência de teorias rivais na construção do conhecimento indica Estilos de Pensamentos distintos dentro de Coletivos de Pensamento próximos. O Estilo de Pensamento não é rígido, pode ser permeável, por isso as divergências e possibilidades para mudanças e transformações.
Fatores sociais influenciam a ciência	1) Caráter coletivo da pesquisa científica: o desenvolvimento do fato científico depende do percurso histórico, cultural e contexto social. 2) A sociedade influencia a produção científica. Exemplo: a ênfase moral da sífilis como alguém de sangue impuro levou aos testes de sangue. O Círculo Esotérico foi influenciado pelo Círculo Exotérico (circulação de ideias). 3) Posição social determina ascensão e prestígio acadêmicos, ou não.

FONTE: Com base em Fleck (2010).

Conforme abrangência de cada Episódio Histórico, um ou outro conceito fleckiano torna-se mais explícito, tornando mais evidente a identificação da categoria *a priori*. Assim, o professor pode trabalhar no Ensino de Ciências determinado Episódio conforme lhe apraz. É indicado apresentação de interpretações das categorias fleckianas de maneira impressa aos estudantes.

5.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE DE CONTEÚDO TEMÁTICA - CATEGORIAL

A Análise de Conteúdo é uma metodologia de tratamento e análise de informações que constam em um documento, onde há diferentes formas de discursos e linguagens. Dentro da Análise de Conteúdo, escolhemos o tipo de pesquisa da Análise Temática, que utiliza unidades de contexto, nos quais o sentido de trechos, frases ou palavras, direcionam inferências e interpretações a partir da presença (ou não) de temas, previamente definidos pela fundamentação teórica da pesquisa, tratando-se, aqui, da epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010). Os documentos a serem analisados podem ser documentos escritos, que foram constituídos em campo, ou seja, durante o desenvolvimento da SD na escola. Como por exemplo, aulas gravadas e transcritas, derivadas da Pesquisa de Intervenção Pedagógica, bem como anotações do diário de pesquisa e os questionários, os quais foram os documentos produzidos pelos estudantes ao longo das aulas.

Como definição, Bardin (2016) explica que a Análise de Conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa a sistematização dos conteúdos das mensagens indicadoras, seja por vias quantitativas (frequência) ou qualitativas (presença ou ausência), permitindo a inferência de conhecimentos relativos às variáveis dessas mensagens.

Em outras palavras, constitui-se como uma metodologia de pesquisa que descreve e interpreta o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Segundo Moraes (1999), suas descrições são sistemáticas, qualitativas (ou quantitativas), as quais auxiliam na (re)interpretação das mensagens, a fim de alcançar uma compreensão de significado para além da leitura comum.

Em resumo, a Análise de Conteúdo baseia-se em um conjunto de técnicas de análise das comunicações, na qual utiliza a inferência, uma operação lógica pela qual se admite dedução ou indução como estratégia de compreensão mais aprofundada dos fenômenos. Assim, nessa metodologia é analisada a compreensão crítica do sentido presente nas comunicações (Severino, 2000, 2007).

Ademais, na Análise de Conteúdo por Bardin (1977, 2016), investigamos o que foi dito, classificando os conteúdos em temas ou categorias que auxiliam na

compreensão do que está por trás do discurso, tendo enfoque no significado da palavra mencionada.

A Análise de Conteúdo é uma ferramenta, um guia prático de ação, onde documentos como diários pessoais, vídeos e questionários, chegam em estado bruto, necessitando de processamentos para que haja compreensão do seu significado, por meio da interpretação e inferência. “A análise de conteúdo, em sua vertente qualitativa, parte de uma série de pressupostos, os quais, no exame de um texto, servem de suporte para captar seu sentido simbólico” (Moraes, 1999, p. 3). No entanto, o sentido pode não estar explícito no documento e seu significado pode não ser único, possibilitando diferentes perspectivas. Assim, considera-se a Análise de Conteúdo como uma interpretação pessoal, a qual não pode ser neutra. E mais, segundo Moraes (1999), toda leitura se constitui como uma interpretação pessoal que o pesquisador realiza, a partir de seu referencial teórico. Portanto, é de suma importância que o pesquisador reconstrua o contexto, pois este deve ser explicitado.

As etapas da Análise de Conteúdo, conforme Bardin (1977, 2016), são compostas por três fases:

- 1) *Pré-análise*, com leitura flutuante, organização e preparação do material;
- 2) *Codificação* ou Exploração do material, na qual são escolhidas as Unidades de Contexto para codificação;
- 3) *Tratamento dos resultados, inferências e interpretação*, nos quais são inferidas e interpretadas as categorias do material.

Primeiramente, na pré-análise é realizada a leitura flutuante dos documentos. Nessa fase são escolhidos documentos a serem analisados e, para isso, formulam-se as hipóteses e objetivos frente ao material. Além disso, definem-se a dimensão e direções de análise. Em linhas gerais, a primeira etapa é a preparação do material a ser analisado, com leitura e compreensão do assunto presente no documento, ou seja, são as primeiras impressões e a formação do corpus de análise.

Na presente pesquisa, a escolha dos documentos ocorreu de acordo com o objetivo da pesquisa, aquele atrelado ao problema de pesquisa. Nesse sentido, houve a abordagem dedutiva, com a elaboração dos indicadores que fundamentam a interpretação final, por meio de códigos e categorias *a priori*, proveniente da teoria do conhecimento de Fleck (2010).

Em segundo, na Codificação, de acordo com Urquiza e Marques (2016), é realizada uma leitura mais minuciosa do documento e a partir deste, é feito o recorte do material, o qual chamamos de “Unidade de Contexto” para o caso da utilização da Análise Temática. Em seguida, são verificados os códigos, por meio de sua presença e/ou frequência, como quais deles são mais citados. O código, por sua vez, é uma palavra ou frase curta, ou até mesmo um parágrafo, que simbolicamente captura a essência do conteúdo, importando o seu sentido. É necessário, obrigatoriamente, haver a menção da Unidade de Contexto. Por fim, as Unidades de Contexto são aglutinadas de acordo com a função da ocorrência dos temas analisados e resultam na codificação, que auxilia a formulação das categorias finais, a serem avaliadas na fase de tratamento dos resultados.

De acordo com Oliveira (2008), a Codificação é o processo em que os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, o que gera a descrição exatas das características do conteúdo.

Em terceiro, no tratamento dos resultados são realizadas orientações para uma nova análise, como por exemplo, por intermédio da epistemologia de Fleck. Conforme Oliveira (2008), nessa etapa se busca colocar em relevo as informações fornecidas pela análise, por meio da quantificação simples, como a frequência, ou mais complexas como análise fatorial, onde são inseridos figuras, modelos, diagramas. Ou ainda, realiza-se a interpretação direta dos conteúdos manifestos ou latentes contidos em todo o material. As categorias que surgem, no entanto, são posteriores às análises dos resultados. Outro detalhe é que as categorias são nomeadas subjetivamente, a partir da fundamentação teórica do pesquisador (Bardin, 1977, 2016).

De acordo com Moraes (1999), a Análise de Conteúdo foi desenvolvida no século XX, durante o predomínio do positivismo lógico na ciência, o qual priorizou a objetividade e a quantificação. Contudo, apesar de seguir um rigor metodológico, fruto da herança positivista, a Análise de Conteúdo é, sim, uma técnica científica para analisar pesquisa qualitativa. Além disso, essa metodologia alcançou novas possibilidades de exploração qualitativa, como os trabalhos de natureza dialética e fenomenológica. Vale ressaltar que os trabalhos desenvolvidos nas ciências humanas, como na Filosofia e na História, costumam utilizar apenas o fundamento teórico-metodológico para análise de dados. Entretanto, nas pesquisas em

Educação em Ciências é sistematizado o uso de metodologias para tais análises, para além do referencial teórico-metodológico.

Quanto aos trabalhos de natureza dialética e fenomenológica, Moraes (1999), discute as possibilidades da Análise de Conteúdo para a pesquisa em Educação, descrevendo cinco passos para utilização do “método”, sendo estes:

1) **Preparação das informações**, na qual se realiza a leitura do material e posterior identificação dos códigos, a fim de se escolher quais textos estão em acordo com os objetivos da pesquisa. Sugere-se que essas informações sejam representativas e pertinentes à análise.

2) **Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades**, na qual são definidas as unidades de análise, isolando-se frases ou temas.

3) **Categorização**, onde se realiza a semelhança ou analogia as categorias temáticas. É realizado também, um esforço de síntese de uma comunicação, onde são destacados os aspectos mais relevantes. Esses três primeiros passos se assemelham às três etapas de Bardin (1977, 2016).

No entanto, uma vez identificados e codificados todas as unidades de análise, Moraes (1999) acrescenta mais duas etapas:

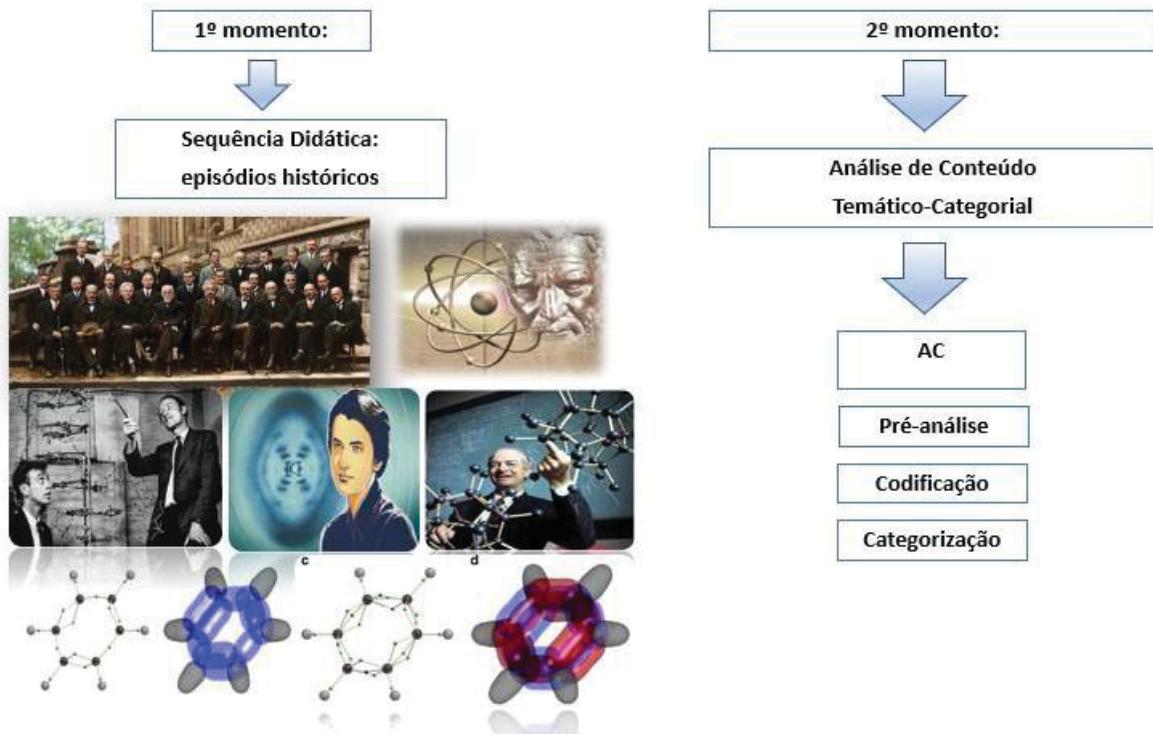
4) **Descrição**, onde se realiza a comunicação dos resultados. É preferível a apresentação de um texto síntese em que se expresse “citações diretas” dos dados originais.

5) **Interpretação**, onde se produz uma teorização, interpretação e compreensão, necessária para a análise qualitativa.

Ademais, Oliveira (2008) apresenta uma proposta de sistematização da Análise de Conteúdo temático-categorial, associada ao critério semântico, que visa a inferência por meio da identificação objetiva e sistemática das mensagens produzidas. Na análise categorial, é considerada a totalidade do texto em análise, passando por uma classificação, segundo presença ou ausência dos itens de sentido. Para tratamento e apresentação dos resultados, podem ser realizados descrições cursivas, acompanhadas de exemplificação de unidades de registros, ou ainda em formato de quadros, seguidos de descrições cursivas. Para o caso de uso de temas, estes são compostos por um conjunto de Unidade de Registros, ou de Unidade de Contexto.

O resumo da estrutura da pesquisa é apresentado na FIGURA 11.

Figura 11 - Caminhos Metodológicos



FONTE: A autora (2025).

LEGENDA: Consta o Momento I como o planejamento e [desenvolvimento](#) da SD, com base na epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010), e, no Momento II, as análises realizadas a partir da Análise de Conteúdo Temático-Categorial de Bardin (2016), com compreensões de Moraes (1999) e Oliveira (2008). As fotos presentes no 1º momento fazem menção aos episódios históricos abordados na SD. No alto, da esquerda para direita, a foto dos cientistas reunidos no Congresso de Solvay foi usada na aula “Concepções de Ciência”, com apresentação do conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento. Ao lado, há uma figura representando um filósofo grego junto ao modelo atômico de Rutherford-Bohr, uma menção ao episódio histórico “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”. Na linha horizontal do meio, representando “História do DNA”, temos da esquerda para direita, a fotografia dos cientistas Watson e Crick ao publicarem a dupla hélice do DNA. Ao lado, há a figura da cientista Rosalind Franklin, que contribuiu na construção da dupla hélice, mas não recebeu devido reconhecimento acadêmico à época. Em seguida, mais a direita, apresenta-se o químico Linus Pauling trabalhando junto à molécula de proteína. Na última linha, são apresentadas as estruturas de ressonância para o benzeno, que faz menção ao episódio histórico: Evolução do Benzeno.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento de uma Sequência Didática (SD) e a análise do episódio “A História do DNA”, realizados num contexto escolar da Educação Básica. O objetivo foi analisar se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência.

Nesse sentido, as aulas consistiram em apresentar a construção do conhecimento científico, tendo por base a epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010). Para concretização de tal objetivo, foram elaborados e desenvolvidos EH como estratégia didática para que pudessem ser trabalhados reflexões acerca da Natureza da Ciência.

Estruturamos o desenvolvimento da SD em 3 etapas: Na Etapa 1, apresentamos o Contexto da Pesquisa na Escola (6.1), onde foi desenvolvida a SD, incluindo o perfil dos estudantes acerca dos conhecimentos prévios sobre ciência. Na Etapa 2, trabalhamos a análise do EH (6.2): “A História do DNA”, à luz do referencial fleckiano. Na Etapa 3, ao final do capítulo, apresentamos os desafios enfrentados no desenvolvimento da SD (6.3). Por meio da abordagem fleckiana, os estudantes foram levados a reconhecer que o conhecimento científico não é estático nem universal, mas construído historicamente por Coletivos de Pensamento que moldam e são moldados por contextos sociais, culturais, políticos. A estruturação da SD em 3 etapas permitiu uma organização eficiente dos conteúdos e atividades, articulando teoria e prática com o objetivo da pesquisa.

Os Episódios Históricos “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo” e a “Evolução do Benzeno” não foram analisados nesta pesquisa em específicos, permanecendo em aberto para pesquisas futuras. Contudo, ambos episódios foram desenvolvidos no Ensino Médio e serão aqui comentados seus principais resultados. As principais contribuições do episódio do “Antiatomismo” mostram o conhecimento como provisório, via o processo evolutivo, lento e gradativo dos modelos atômicos. A categoria fleckiana mais lembrada pelos estudantes foi a Protoideia, por estar relacionada ao átomo, como citado por Fleck (2010). Quanto aos elementos da Natureza da Ciência, os mais marcantes aos estudantes foram as presenças de

teorias rivais e pensamentos distintos na construção do conhecimento. No Episódio “Evolução do Benzeno”, a provisoriação na ciência também foi percebida, uma vez que houve diferentes interpretações para a estrutura do benzeno, indicando que o conhecimento científico é mutável. Em relação aos aspectos da NdC, chamou a atenção dos estudantes o fato que pode haver privilégios sociais até mesmo dentro do meio científico e acadêmico, já que foi o que aconteceu com os químicos Kekulé (um famoso) e Loschmidt (um desconhecido).

6.1 ETAPA 1: O CONTEXTO DA PESQUISA NA ESCOLA

A pesquisa utilizando a epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências foi elaborada inicialmente para um curso de formação de professores. Inclusive, o desenvolvimento de um episódio sobre a história do antiatomismo chegou a ser realizado em uma turma da disciplina de Filosofia da Ciência para Química, num curso de graduação de uma universidade pública. Contudo, houve alguns problemas externos à pesquisa, como a chegada da pandemia e outros relacionados à saúde. Dessa maneira, não foi possível a continuidade do curso para professores.

Todavia, a ideia central da pesquisa prosseguiu e algumas adaptações foram necessárias para que a estrutura dos Episódios Históricos pudessem ser acessível no Ensino Médio. Mesmo que pareça ser complexo para alguns pesquisadores da área de Educação em Ciências, desenvolvemos a epistemologia de Fleck na Educação Básica, pois a consideramos importante como fundamento teórico-metodológico e não há propostas como esta nos currículos de ciências.

Ademais, a princípio, a epistemologia de Kuhn (2011) também é complexa, mesmo assim há a sua presença em todos os níveis de ensino. Se é possível fazer uso instrumental da epistemologia kuhniana, por que não utilizamos na mesma medida a perspectiva fleckiana?

Primeiramente, foi realizada apresentação sobre a minha pesquisa tanto de mestrado como de doutorado, já que em ambos pesquisei sobre a epistemologia de Fleck. Também, foi mencionado sobre o meu percurso acadêmico por meio de conteúdo fotográfico. Após, teve início a SD com ministração de aulas no período entre setembro a dezembro de 2023 (para quatro turmas), além da última aula em

uma das turmas, aquela correspondente ao itinerário de ciências exatas, no ano letivo 2024⁴², conforme a FIGURA 12.

FIGURA 12- Desenvolvimento da Sequência Didática na Escola



FONTE: A autora (2023, 2024).

LEGENDA: Da esquerda para direita, registro da apresentação inicial sobre a pesquisa a ser realizada no âmbito da escola, e meu percurso acadêmico. Ao meio, apresentação de pôster supervisionada pela direção no espaço físico do colégio. À direita, realização da última aula⁴³.

Em relação a elaboração das aulas, a abordagem foi a mesma para todas as turmas, entretanto obtivemos resultados um pouco diferenciado de uma turma a outra, devido aos distintos envolvimentos dos estudantes.

Como exemplo, a turma do itinerário de ciências exatas manteve maior apreciação pela ciência e demonstrou maior compreensão dos conceitos científicos que as demais turmas. Nesse sentido, a ênfase para explicar conteúdos químicos foi maior para esta turma. Todavia, estes estudantes foram os mais sucintos e objetivos nas respostas dos questionários do EH, isto é, nos documentos produzidos pelos estudantes durante a avaliação processual da Sequência Didática.

Em relação às turmas do itinerário de ciências humanas, também houve distinção no comportamento e participação. Uma das turmas se interessou mais em discutir os contextos históricos que envolviam os episódios. Por exemplo, na aula de

⁴² A última aula no ano de 2024 foi indicação da banca avaliadora no exame de qualificação da tese, mas essa aula demorou a ser realizada no referido ano, em decorrência de paralisações e greve dos professores.

⁴³ Não fui a professora regente das turmas, atuei como pesquisadora. As aulas de Química foram doadas pelo meu colega do grupo de pesquisa.

apresentação sobre a Epistemologia de Fleck, os estudantes discutiram sobre a Segunda Guerra Mundial, gerando debates sobre temas sensíveis, como o holocausto, a eugenia e a intolerância. Os desafios enfrentados foram desde a curiosidade pela história dos judeus e do holocausto (a partir da história de vida de Fleck) até pensamentos antisemitas e neonazistas.

Em uma segunda turma, houve maior interesse na área de ciências biológicas, devido as informações compartilhadas sobre o estudo de caso usado por Fleck, relacionado à história da sífilis. Nesse sentido, estes estudantes comentaram sobre Infecções Sexualmente Transmissíveis (ISTs), relembradas até o último dia de nossas aulas. Além disso, trouxeram indagações a respeito de temas atuais sobre a ciência, como a física quântica. Enfim, uma terceira turma, apresentou comportamento mais desinteressado ao desenvolvimento da Sequência, sendo menos participativa quando comparada às demais.

O desenvolvimento da SD ocorreu em um colégio estadual na Cidade Industrial de Curitiba (CIC), no Estado do Paraná, durante ano letivo⁴⁴ de 2023, exceto a última aula, que foi ministrada em 2024. As aulas da Sequência foram destinadas para estudantes dos segundos anos do Ensino Médio, da modalidade Ensino Regular, pertencente ao período matutino (entre 7h10min e 12h30min), sendo ao todo quatro turmas. Destas, três turmas aderiram ao itinerário de ciências humanas, sendo o último ano que os estudantes destas turmas estudaram Química (referente ao letivo de 2023). E apenas, uma turma aderiu ao itinerário de ciências exatas e continuou a estudar Química no ano letivo de 2024. Os estudantes participantes tinham entre 15 e 18 anos de idade. Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), a distorção idade/série para o segundo ano do respectivo colégio foi de 5,4%, ou seja, de cada 100 estudantes, aproximadamente cinco estavam com atraso escolar de dois anos ou mais, no ano de 2023.

Em anos anteriores, estudantes do referido colégio conseguiram obter boas médias⁴⁵ gerais tanto no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como na Prova

⁴⁴ O desenvolvimento da Sequência Didática teve início logo após aprovação do termo consubstanciado do Comitê de Ética da Pesquisa (CEP), em 17 de setembro de 2023, sob número do parecer: 071817/2023.

⁴⁵ Dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) para o ano 2019, a média geral do ENEM foi de 504,44 pontos, sendo taxa de participação de 55%. A nota do IDEB foi de 5,2 para o Ensino Médio e 5,8 no Ensino Fundamental, nos anos anteriores a 2023.

de Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), atingindo médias superiores as médias nacionais. Esses dados, por sua vez, indicam boa qualidade de educação no contexto escolar em que a pesquisa foi desenvolvida. Além disso, a taxa de rendimento por etapa escolar no Ensino Médio foi de 99,5% de aprovação para o ano letivo 2023. O colégio fica localizado em perímetro urbano e possui como dependência administrativa, o Estado do Paraná.

Entretanto, no primeiro semestre de 2024, começou a tramitar na Assembleia Legislativa do Paraná um projeto de lei, que visa(va) a privatização nos colégios públicos do Estado. Tal projeto “aparentemente” visa(va) apenas a privatização administrativa, no entanto em seu edital prevê contratação de professores pela iniciativa privada, o que fere um princípio constitucional⁴⁶, previsto no artigo 206, inciso V (Brasil, 1988).

O colégio da abordagem da nossa SD não está na lista das escolas que estão “à venda”, num primeiro momento. Contudo, tal ação gera revolta aos educadores de modo unânime porque não valoriza a profissionalização docente e ainda, precariza a qualidade do ensino nas escolas públicas. Além disso, tais ações políticas incidem diretamente em impactos sobre as pesquisas acadêmicas, uma vez que houve greve e reivindicações no ano letivo de 2024, adiando a inserção da última aula desta pesquisa. E mais, vale lembrar que a implantação do Novo Ensino Médio, acarretou drástica redução de carga horária de Química no itinerário dos estudantes, especialmente para aqueles de ciências humanas. Além destes problemas, as aulas do desenvolvimento da SD foram desafiadoras, já que estas foram doadas, não sendo possível escolher horários. Por exemplo, a maior parte das aulas ocorreram durante o sexto horário do período letivo (11h45min-12h30min). A última aula foi conquistada por meio do preenchimento decorrente de uma aula vaga.

Em cada uma das turmas havia em média 35 alunos, totalizando em torno de 140 alunos que participaram do estudo, de modo geral. Destes, 34 alunos entregaram o Termo (TCLE), assinados pelos pais ou responsáveis, concordando que seus dados fossem obtidos na pesquisa. As atividades da abordagem e constituição de dados iniciaram-se após a aprovação no Comitê de Ética da Pesquisa - Ciências Humanas e Sociais da UFPR (CEP/CHS).

⁴⁶Em janeiro de 2025, a justiça suspendeu edital do programa que terceiriza gestão de colégios estaduais no Paraná porque viola a Constituição Federal ao prever a contratação de professores e pedagogos por meio das empresas privadas.

6.1.1 O PERFIL DOS ESTUDANTES

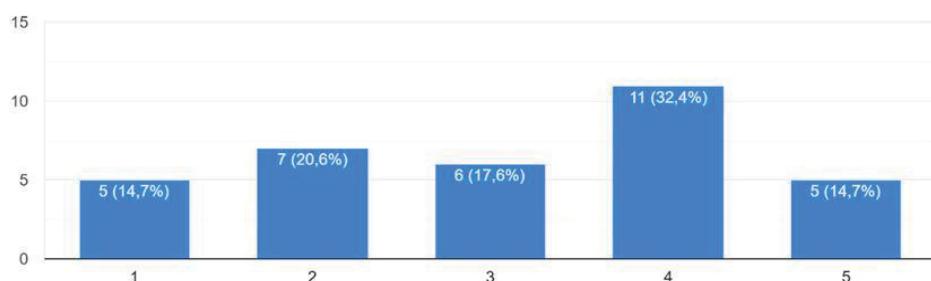
Nessa seção, apresentamos os conhecimentos prévios dos estudantes (34) em relação às concepções de ciência.

Questionamos “Como você entende a ciência?”, e afirmamos que “a ciência é o estudo que abrange somente as áreas como Biologia, Química, Física, Geociências, porque estas áreas seguem o método científico”. Consideramos essa afirmação pouco reflexiva sobre a NdC, pois traz a visão rígida e dogmática da ciência, como apontada em Gil-Pérez *et al.* (2001) no QUADRO 2. Os estudantes responderam conforme GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 - Conhecimentos Prévios - Delimitação da ciência e método científico

i. Como você entende a ciência? a) A ciência é o estudo que abrange somente as áreas como Biologia, Química, Física, Geociências, porque estas áreas seguem o método científico.

34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discordar-concordar) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença i. Como você entende a ciência?, afirmativa A.

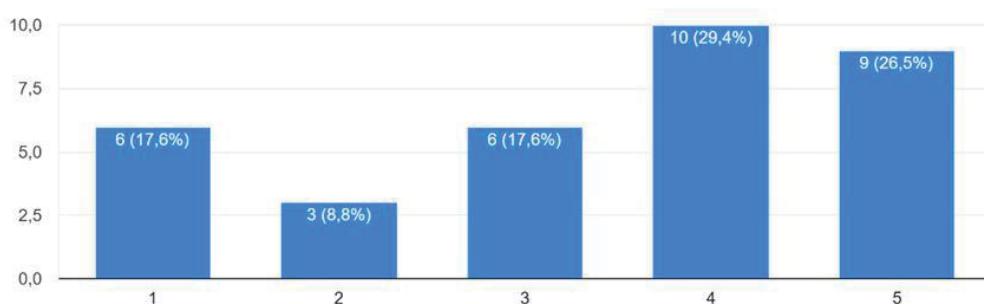
Como respostas: 32,4% (11 de 34) dos estudantes concordaram parcialmente (4) e mais 14,7% (5 de 34) concordaram totalmente (5) com a afirmação do método científico e delimitação da ciência. Outros 17,6% (6 de 34) não concordaram e nem discordaram (3), enquanto 20,6% (7 de 34) discordaram parcial (2) e 14,7% (5 de 34) discordaram totalmente (1) da visão pouco reflexiva sobre ciência. Podemos dizer que houve dúvidas e discussões entre os estudantes nessa sentença, mas permaneceu a confiança no “método científico” na definição de ciência.

A seguir, questionamos “Como você entende a ciência?” e afirmamos que “a ciência é a busca pela resolução de problemas de interesse da humanidade, tais

como sociais, econômicos e políticos. A produção científica pode utilizar diferentes métodos e teorias, além de ser construída por várias pessoas". Propusemos uma sentença com concepção adequada sobre NdC ao fazer menção ao pluralismo metodológico, a ciência coletiva e a não neutralidade da produção científica. As respostas encontram-se no GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 - Conhecimentos Prévios - Pluralismo metodológico

i. Como você entende a ciência? b) A ciência é a busca pela resolução de problemas de interesse da humanidade, tais como sociais, econômicos e po...orias, além de ser construída por várias pessoas.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discordar-concordar) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença i. Como você entende a ciência?, afirmativa B.

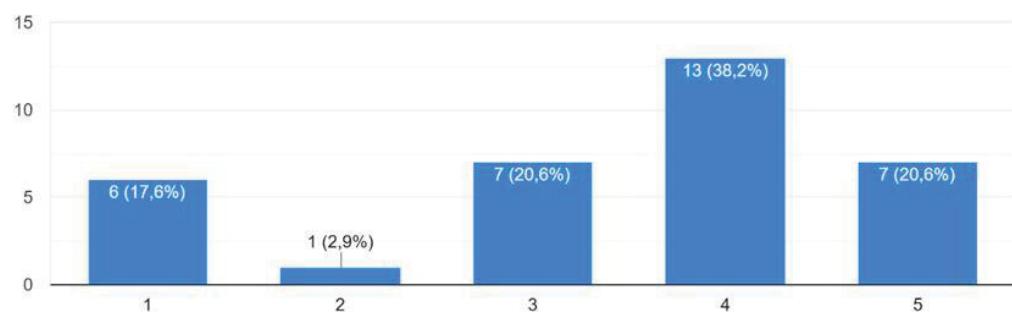
Entre as respostas, 29,4% (10 de 34) concordaram parcialmente (4), 26,5% (9 de 34) concordaram totalmente a afirmação. Enquanto, 17,6% (6 de 34) não concordaram, tampouco discordaram (3), 8,8% (3 de 34) discordaram parcialmente (2) e outros 17,6% (6 de 34) discordaram totalmente a afirmação. Vemos que, em certa medida, a maioria dos estudantes apresentou criticidade em relação a não neutralidade da ciência, ao pluralismo metodológico e ao fato da ciência ser construída por várias pessoas.

Questionamos "Como você entende a ciência?", e afirmamos que "a ciência é uma construção humana, mas pode ser realizada até mesmo por uma única pessoa, desde que esta seja curiosa, tenha ideias geniais e utilize o método científico para desenvolver os conhecimentos". Lançamos uma concepção pouco reflexiva, sugerindo a individualidade e a ciência produzida por gênios. Nos inspiramos em Gil-Pérez *et al.* (2001), conforme concepções "ingênuas" do QUADRO 2. Além disso,

para a produção do conhecimento científico, a sentença afirmou a necessidade do método científico. As respostas são apresentadas no GRÁFICO 3.

GRÁFICO 3 - Conhecimentos Prévios - Ciência individualista e elitista

i. Como você entende a ciência? c) A ciência é uma construção humana, mas pode ser realizada até mesmo por uma única pessoa, desde que esta seja ...do científico para desenvolver os conhecimentos.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

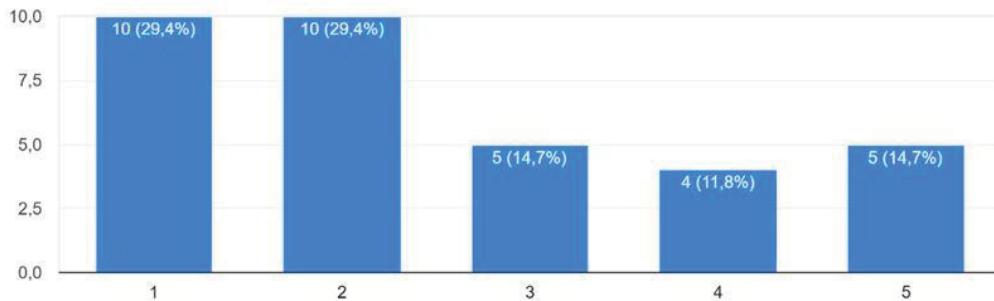
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discordar-concordar) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença i. Como você entende a ciência?, afirmativa C.

O adequado para o entendimento de uma ciência mais reflexiva, seria que os alunos discordassem totalmente (1) de tal afirmação. No entanto, 38,2% (13 de 34 estudantes) concordaram parcialmente (4) e 20,6% (7 de 34) concordaram totalmente (5) a sentença, que contém concepções ingênuas da ciência. Outros 20,6% (7 de 34 dos estudantes) tiveram dúvidas, optando por nem concordar nem discordar (3); 2,9% (apenas 1 de 34) discordou parcialmente (2) e 17,6 % (6 de 34) discordaram totalmente (1) da afirmação colocada.

Em outro exemplo do questionamento sobre “Como você entende a ciência?”, afirmamos que “a ciência é uma construção social, não possui neutralidade, pois no desenvolvimento do conhecimento científico estão envolvidos interesses sociais, culturais, econômicos e políticos”. Consideramos esta afirmação adequada sobre NdC, pois menciona uma imagem de ciência influenciada por fatores externos, sendo socialmente não neutra. Como resposta, ansiávamos que os alunos respondessem com maior porcentagem concordando totalmente (5) a afirmação. As respostas estão no GRÁFICO 4.

GRÁFICO 4 - Conhecimentos Prévios - Ciência influenciada por fatores externos

i. Como você entende a ciência? d) A ciência é uma construção social, não possui neutralidade, pois no desenvolvimento do conhecimento científico...resses sociais, culturais, econômicos e políticos.
34 respostas



TE: Autoria própria (2025).

FON

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença i. Como você entende a ciência?, afirmativa D.

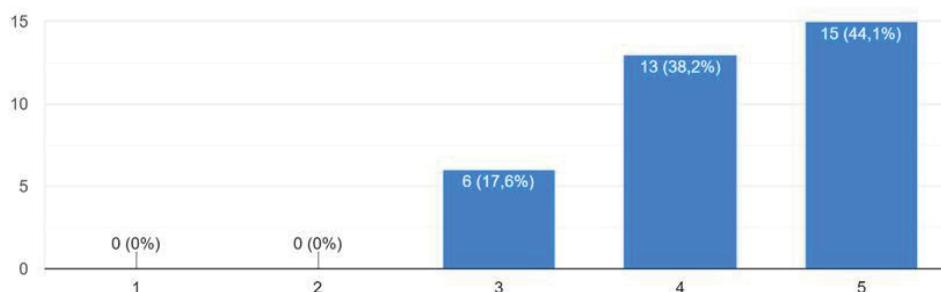
Tivemos 14,7% (5 de 34 alunos) que concordaram totalmente (5), seguidos de 11,8% (correspondendo a 4 de 34 alunos) que concordaram parcialmente (4). Outros 14,7% (5 de 34) se isentaram de responder, não concordaram e não discordaram (3), e 29,4% (10 de 34) discordaram parcial (2), seguidos de 29,4% (10 de 34 estudantes) discordaram totalmente (1) da concepção de ciência influenciada por fatores externos. Aparentemente, os estudantes (apesar das dúvidas) acreditam numa ciência mais internalista.

Prosseguimos e questionamos “Como se faz ciência?”. Afirmamos que “se faz ciência conhecendo a natureza, observando-a para que se extraiam as informações do objeto de estudo”. Consideramos esta afirmação como uma concepção pouco reflexiva, pois nela se destaca o papel neutro da observação e o objeto fixo, remetendo a uma concepção de ciência empírico-indutivista. Como respostas: 38,2% (13 de 34) concordaram parcial (4), 44,1% (15 de 34) concordaram totalmente (5) e 17,6% (6 de 34) dos estudantes se isentaram de responder (3). Ninguém discordou da afirmativa, o que nos faz acreditar que podemos definir que, apesar das dúvidas, os estudantes concordam que se faz ciência observando a natureza, conforme GRÁFICO 5.

GRÁFICO 5 - Conhecimentos Prévios - Observação neutra

ii. Como se faz ciência? a) Se faz ciência conhecendo a natureza, observando-a para que se extraiam as informações do objeto de estudo.

34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

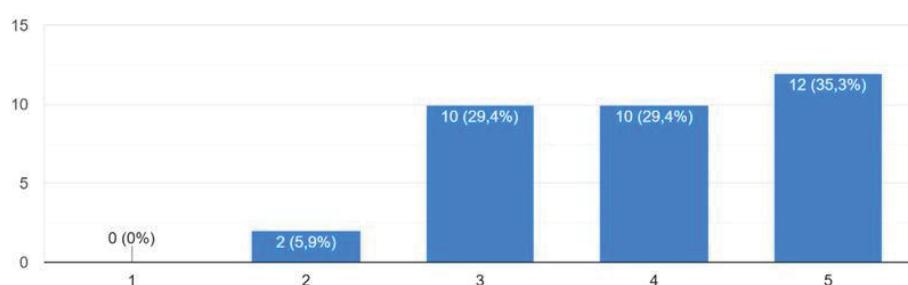
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença ii. Como se faz ciência?, afirmativa A.

E mais, questionamos “Como se faz ciência?” e afirmamos que “se faz ciência por meio do método científico, que é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados infalíveis. Portanto, os(as) cientistas usarão teorias já conhecidas para interpretar seus resultados, podendo usar também a originalidade e a criatividade”. Consideramos essa sentença coerente ao conter uma concepção mais reflexiva sobre a NdC, porque apesar da utilização do método científico, este pode oferecer falhas nos resultados, assim afirma-se que os cientistas usam teorias, por vezes a originalidade e a criatividade. As respostas estão presentes no GRÁFICO 6.

GRÁFICO 6 - Conhecimentos Prévios - Observação influenciada pela teoria

ii. Como se faz ciência? b) Se faz ciência por meio do método científico, que é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados infalíveis...endo usar também a originalidade e a criatividade.

34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença ii. Como se faz ciência?, afirmativa B.

Entre as respostas, 35,3% (12 de 34) dos estudantes concordaram totalmente (5) com a afirmação de que os cientistas usarão o método científico, mas também teorias, originalidade e criatividade. Outros 29,4% (10 de 34) dos estudantes concordaram parcialmente (4) a sentença. Enquanto 29,4% (10 de 34), não concordaram e não discordaram (3). Apenas 5,9% (2 de 34) discordaram parcialmente (2) a afirmação proponente. Apesar das dúvidas, os estudantes concordaram em sua maioria de uma afirmação mais reflexiva sobre a ciência.

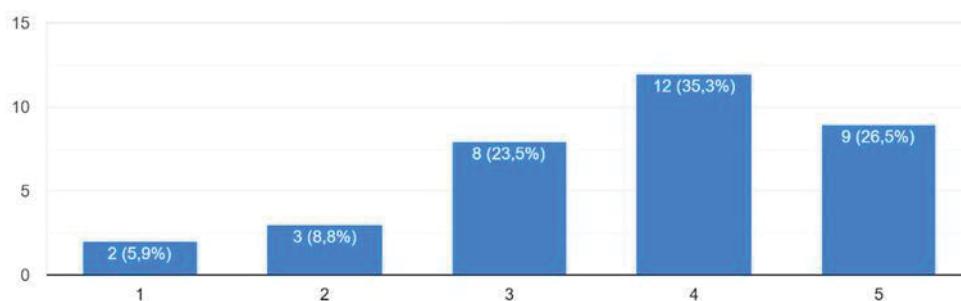
O que indica que a maioria dos estudantes considera o pluralismo metodológico, apesar das dúvidas.

Perguntamos “Como se faz ciência?” e afirmamos que se faz ciência “utilizando o método científico, pois este garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, os (as) cientistas seguem as etapas do método científico”. Esta afirmação traz uma imagem não adequada sobre a NdC, pois considera o rigor metodológico como único meio de produção da ciência, através das etapas do método científico. Utilizamos o referencial em Gil-Pérez *et al.* (2001), a respeito das concepções “ingênuas” constando no QUADRO 2. As respostas estão presentes no GRÁFICO 7.

GRÁFICO 7 - Conhecimentos Prévios - Método Científico

ii. Como se faz ciência? c) Utilizando o método científico, pois este garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, os(as) cientistas seguem as etapas do método científico.

34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença ii. Como se faz ciência?, afirmativa C.

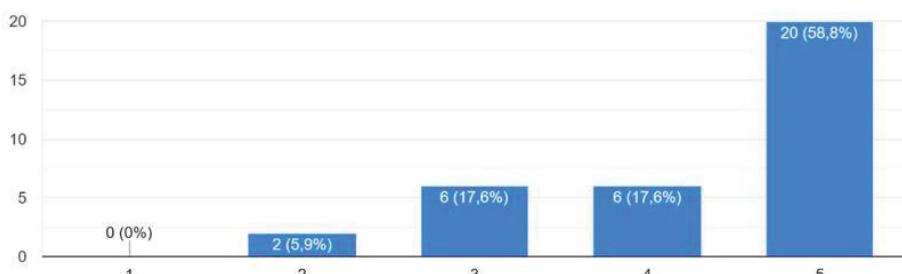
Entre as respostas, 35,3% (12 de 34) dos estudantes concordam parcialmente (4) e 26,5% (9 de 34) concordam totalmente a afirmação que os

cientistas utilizam as etapas do método científico para se fazer ciência. Não souberam responder (3), 23,5% (8 de 34) dos estudantes. E uma pequena parcela, 8,8% (3 de 34) discordam parcial (2) e 5,9% (2 de 34) discordam totalmente (1) da concepção não adequada de ciência.

Em seguida, questionamos “Como se faz ciência?” e afirmamos que “o conhecimento científico é construído por meio de idas e vindas, erros e acertos em experimentos e teorias, sendo necessário ajustá-las, podendo ocorrer discordâncias e rivalidades entre cientistas. Portanto, compreender o percurso histórico de como determinado fato científico foi desenvolvido é fundamental para compreender a ciência”. Consideramos esta afirmação mais reflexiva sobre a NdC, pois retrata o caráter histórico e dinâmico da ciência, trazendo, ainda, noções do conceito de Mutação no Estilo de Pensamento. As respostas são apresentadas no GRÁFICO 8.

GRÁFICO 8 - Conhecimentos Prévios - Caráter histórico e dinâmico na ciência

ii. Como se faz ciência? d) O conhecimento científico é construído por meio de idas e vindas, erros e acertos em experimentos e teorias, sendo necessário...olvido é fundamental para compreender a ciência.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença ii. Como se faz ciência?, afirmativa D.

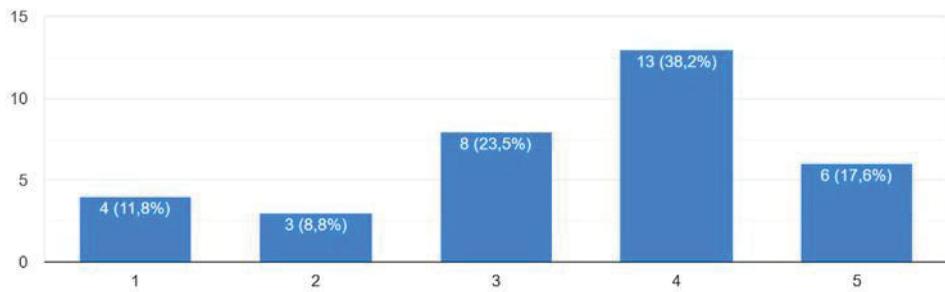
Os estudantes responderam: 58,8% (equivale a 20 de 34 alunos) concordaram totalmente (5) e 17,6% (6 de 34) concordaram parcialmente a afirmativa; outros 17,6% (6 de 34) não souberam responder (3), apenas 5,9% (2 de 34) discordaram parcialmente (2) e não houve ninguém que discordou totalmente (1). A maior parte dos estudantes reconheceu o caráter histórico para produção do conhecimento científico.

Questionamos “Quem faz ciência?” e afirmamos que “a ciência é uma organização de pessoas – chamadas de cientistas – que se organizam em grupos

de pesquisa, trocam informações entre si e têm boas ideias, porém, o ponto em comum é que todas(os) cientistas seguem rigorosamente o método científico para realizar novos conhecimentos". Ainda que haja, na primeira parte da afirmação, uma introdução sobre a noção do conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento, a segunda parte é referente ao método científico. Consideramos tal afirmação como uma concepção pouco reflexiva sobre a NdC. Insistimos no método científico, uma vez que este permanece intensivamente no Ensino Tradicional de Ciência. As respostas dos estudantes estão no GRÁFICO 9.

GRÁFICO 9 - Conhecimentos Prévios - Método Científico

iii. Quem faz ciência? a) A ciência é uma organização de pessoas - chamadas de cientistas- que se organizam em grupos de pesquisa, trocam informações...do científico para realizar novos conhecimentos.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

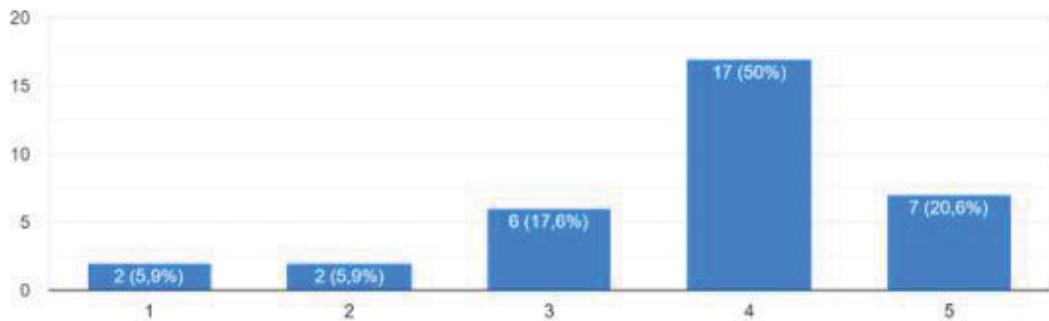
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iii. Quem faz ciência?, afirmativa A.

A quantidade de alunos que discordaram com a afirmação pouco reflexiva sobre NdC foi baixa; somente 11,8%, o que representa 4 entre 34 estudantes, que discordaram totalmente (1), seguidos de 8,8% (3 de 34) que discordaram parcialmente (2). Enquanto 23,5% (8 de 34) não concordaram tampouco discordaram (3). No entanto, a maioria dos estudantes concordou com a afirmação não adequada sobre ciência, sendo que 38,2% (13 de 34) concordaram parcialmente (4) e 17,6% (6 de 34) concordaram totalmente (5). O que demonstra que os estudantes ainda não tinham refletido sobre a produção científica sem o rigor metodológico.

Quando questionados sobre "Quem faz ciência?", afirmamos que "essencialmente, quem faz ciência é o trabalho coletivo de cientistas, pois ainda que um cientista pudesse ter intelecto e possuísse todos os equipamentos mais

modernos, sozinho não supera a capacidade do coletivo de cientistas para compreender o conhecimento". Consideramos tal afirmação como uma concepção mais reflexiva sobre a NdC, pois faz menção ao caráter coletivo da ciência, valor do caráter histórico na construção do conhecimento e se refere ao conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento. As respostas estão apresentadas no GRÁFICO 10.

GRÁFICO 10 - Conhecimentos Prévios - Ciência coletiva
 iii. Quem faz ciência? b) Essencialmente, quem faz a ciência é o trabalho coletivo de cientistas, pois ainda que um cientista pudesse ter intelecto...vo de cientistas para compreender o conhecimento.
 34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discordar-concorda) x quantidade de alunos, referente ao levantamento de conhecimento prévios com relação ao caráter coletivo da ciência, QUESTÃO 1; sentença iii. Quem faz ciência?; afirmativa B.

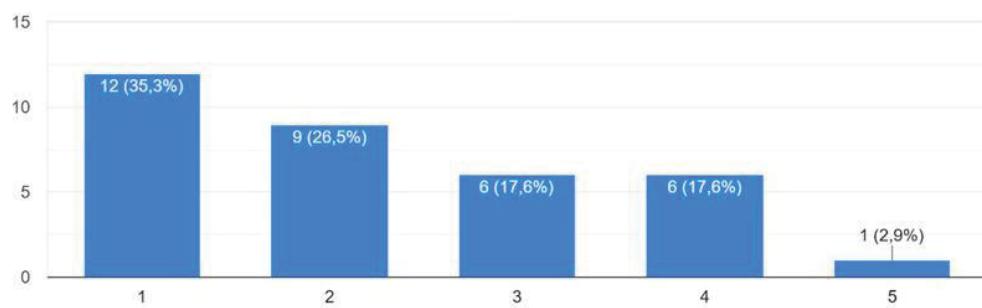
Como respostas: mais da metade dos estudantes concordou parcial (4) ou totalmente (5) com a afirmação sublinhada. Em números, 50% (17 de 34 estudantes) concordou parcialmente (4) e 20,6% (7 de 34) concordou totalmente (5) a afirmação que trazia uma concepção adequada do trabalho científico. Enquanto, 17,6% (6 de 34) não soube responder e 5,9% (2 de 34) dos estudantes discordaram parcial (2), seguidos de outros 5,9% (2 de 34), que discordaram totalmente (1). Os estudantes mostraram ter noção sobre o trabalho coletivo na ciência, o que pode ter facilitado a reflexão quanto ao Coletivo de Pensamento mais adiante na SD.

Também questionamos "Quem faz ciência?" e afirmamos que "quem faz ciência são pessoas altamente especializadas em suas áreas de atuação de pesquisa. Geralmente, os cientistas são pessoas com melhores condições sociais, são mais idosos(as), em sua maioria são do gênero masculino". Lançamos uma concepção de ciência pouco reflexiva ao retratar uma visão individual e elitista de cientistas, incluindo a questão de gênero na ciência. Esperávamos que os

estudantes discordassem (1) ou (2) de tal afirmação. As respostas estão no GRÁFICO 11.

GRÁFICO 11 - Conhecimentos Prévios - Ciência individual e elitista; gênero na ciência

iii. Quem faz ciência? c) Quem faz ciência são pessoas altamente especializadas em suas áreas de atuação de pesquisa. Geralmente, os cientistas sã...sos(as), em sua maioria são do gênero masculino.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

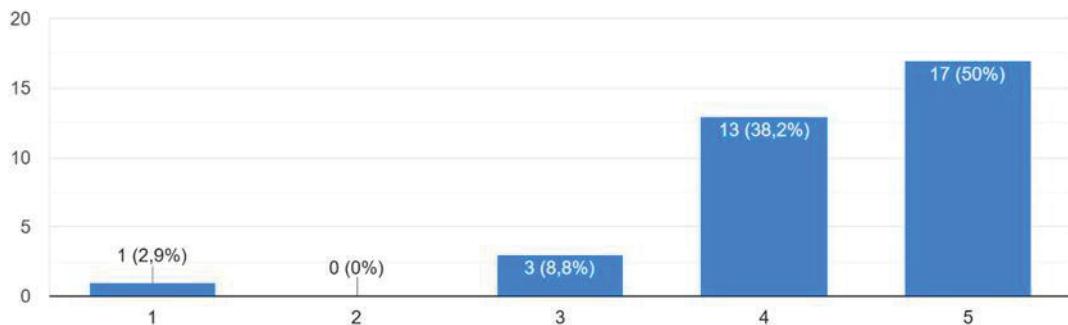
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iii. Quem faz ciência?, afirmativa C.

De fato, a maior parte dos estudantes discordou parcial ou totalmente da afirmativa pouco reflexiva sobre a NdC. Tivemos 35,3%, correspondendo a 12 de 34 estudantes, que discordaram totalmente (1) e 26,5% (9 de 34), que discordaram parcialmente (2) da afirmativa. Contudo, 17,6% (6 de 34) não concordaram tampouco discordaram (3). Outros 17,6% (6 de 34) dos estudantes concordaram parcialmente (4) e apenas 2,9% (1 de 34) concordou totalmente (5). Ao todo, o perfil dos estudantes reflete numa maior criticidade às questões sociais e de gênero na ciência.

De mesma forma, questionamos sobre “Quem faz ciência?” e afirmamos que “qualquer pessoa pode formar-se cientista, independente da sua condição social, racial ou de gênero, desde que obtenha diploma reconhecido pelo Ministério da Educação em Instituição de Ensino Superior igualmente reconhecida. Vale ressaltar que são essenciais oportunidades de ingresso para todos na universidade e, inclusive, oportunidade de ingresso nos grupos de pesquisa, na iniciação científica e na pós-graduação, sem que haja discriminação”. Trouxemos uma concepção adequada de ciência com questões envolvendo a diversidade de gênero, social, racial. As respostas estão no GRÁFICO 12.

GRÁFICO 12 - Conhecimentos Prévios - Diversidade na ciência

iii. Quem faz ciência? d) Qualquer pessoa pode formar-se cientista, independente da sua condição social, racial ou de gênero, desde que obtenha diploma... e na pós-graduação, sem que haja discriminação.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

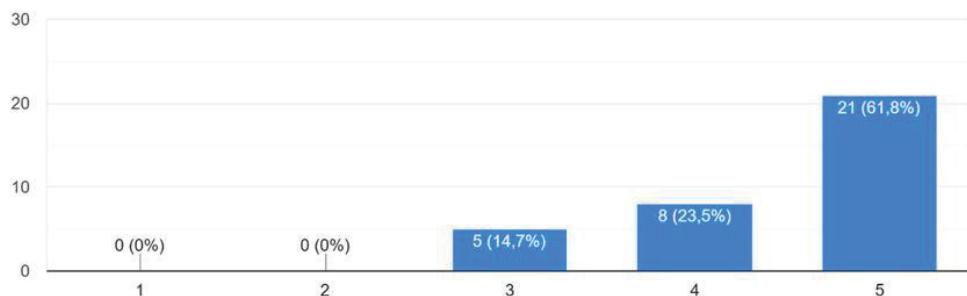
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iii. Quem faz ciência?, afirmativa D.

Como resposta, 50% (17 de 34) dos estudantes concordaram totalmente (5) e outros 38,2% (13 de 34) concordaram parcialmente (4) com a afirmação. No entanto, 8,8% (3 de 34) não souberam responder (3) e 2,9% (1 de 34) discordou totalmente (1) com a afirmação. No geral, as respostas indicam que os estudantes possuem consciência de que o acesso a ciência deve ser livre de preconceitos, não ser exclusivamente masculina e que todos deveriam ter oportunidades de acesso. Pode significar que eles têm esperança de transformação social pela educação e as áreas científicas podem contribuir para essa finalidade.

Por fim, perguntamos “Para que serve a ciência?”, e afirmamos que, “a ciência serve para explorar o desconhecido e descobrir novos conhecimentos regidos por princípios, leis, teorias, que explicam sobre o nosso mundo e como ele funciona, por meio da matéria, energia e vida”. Consideramos que a afirmação retrata uma ciência positivista, onde os cientistas “descobrem” novos conhecimentos (regidos por leis naturais) e, desse modo, são capazes de explicar a matéria, a energia e a vida, referência às áreas da ciência: Química, Física, Biologia. Para uma resposta contendo uma concepção de ciência mais reflexiva, as indicações são as discordâncias total(1) e parcial(2) desta afirmação. As respostas são apresentadas no GRÁFICO 13.

GRÁFICO 13 - Conhecimentos Prévios - Ciência não problemática e ahistórica

iv. Para que serve a ciência? a) A ciência serve para explorar o desconhecido e descobrir novos conhecimentos regidos por princípios, leis, teorias,...o ele funciona, por meio da matéria, energia e vida.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iv. Para que serve a ciência?, afirmativa A.

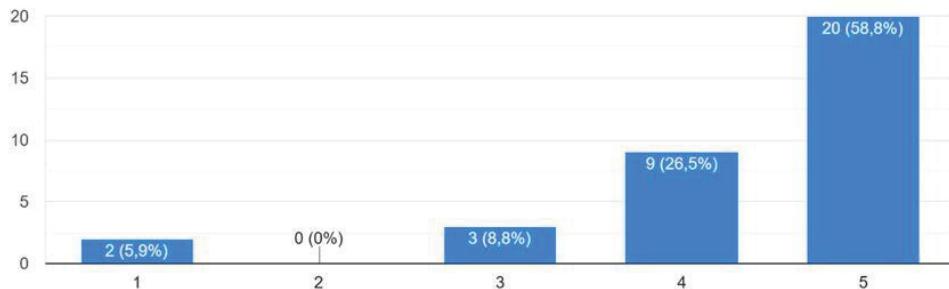
No entanto, os estudantes responderam que 61,8% (21 dos 34) concordam totalmente (5) e, que 23,5% (8 de 34) concordam parcialmente (4) com a afirmação.

Outros 14,7% (5 de 34) tiveram dúvidas e decidiram por não concordar e nem discordar (3). Ninguém discordou parcial (2) ou totalmente (1) a sentença. O que remete uma não criticidade dos estudantes com relação a “descoberta” na ciência, que por sua vez, não valoriza o processo histórico e social na construção da ciência.

Outra pergunta em relação a “Para que serve a ciência?”, foi a seguinte afirmação: “O objetivo da ciência é encontrar e usar o conhecimento, construído ao longo dos anos, para fazer deste mundo um melhor lugar para se viver. Como por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição, aprimorando a agricultura e melhorando a qualidade de vida”. Nesta, consideramos uma concepção pouco reflexiva sobre a NdC, pois pode se referir a concepção “ingênua” acumulativa e de crescimento linear, apontada em Gil-Pérez *et al.* (2001). As respostas encontrando-se no GRÁFICO 14.

GRÁFICO 14 - Conhecimentos Prévios - Ciência acumulativa e de crescimento linear

iv. Para que serve a ciência? b) O objetivo da ciência é encontrar e usar o conhecimento, construído ao longo dos anos, para fazer deste mundo um melh... a agricultura e melhorando a qualidade de vida.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

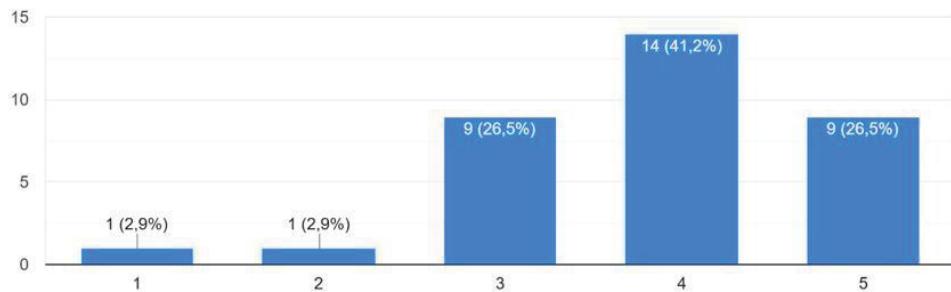
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iv. Para que serve a ciência?, afirmativa B.

Como respostas: 58,8% dos estudantes (equivale a 20 de 34) concordaram totalmente (5) e mais, 26,5% (9 de 34) concordaram parcialmente (4) com a sentença. Outros 8,8% (3 de 34) não concordaram, tampouco discordaram (3) e apenas 5,9%, isto é, dois entre 34 estudantes discordaram totalmente (1) com a afirmativa. O que representa uma não criticidade dos estudantes quanto a concepção de progresso na ciência, que pode remeter a visão acumulativa e de crescimento linear, ou ainda, ao salvacionismo da ciência, para aquele momento.

Além disso, perguntamos “Para que serve a ciência?”, e afirmamos que “a ciência nos serve para compreensão do Universo, como numa visão geral e sistemática. Embora muitos conteúdos científicos sejam apresentados de maneira fragmentada (divisão parcelar de estudo) com caráter limitado, compreender a ciência a partir de uma visão global e sistemática nos traz interpretações mais realistas dos fenômenos naturais”. Consideramos que a sentença apresentada traz uma concepção adequada sobre a NdC, uma vez que seria adequada compreender a ciência a partir de uma visão global e sistemática. As respostas estão no GRÁFICO 15.

GRÁFICO 15 - Conhecimentos Prévios - Interdisciplinariedade na ciência

iv. Para que serve a ciência? c) A ciência nos serve para compreensão do Universo, como numa visão geral e sistemática. Embora muitos conteúdo...pretações mais realistas dos fenômenos naturais.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

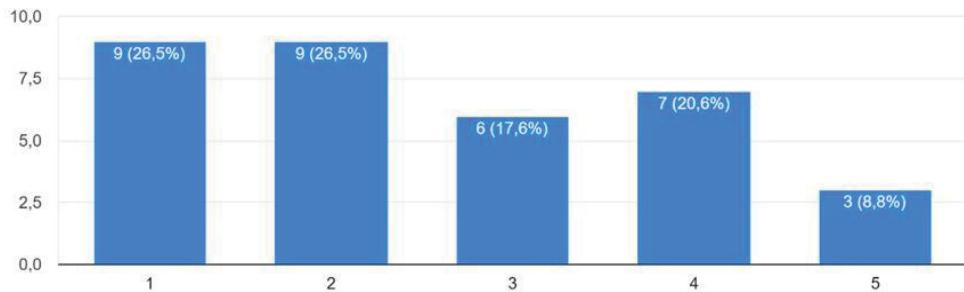
LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iv. Para que serve a ciência?, afirmativa C.

Como respostas: 26,5% (9 de 34) concordaram totalmente (5), seguidos de 41,2% (14 de 34) concordaram parcialmente (4) a afirmativa. Ainda, 26,5% (9 de 34) não concordou, tampouco discordou (3) e 5,8% (2 de 34) discordaram parcial (2) ou totalmente (1). Neste quesito, os alunos em sua maioria concorda que a ciência seja apresentada de maneira fragmentada, mas deveria ser mais adequada compreendê-la a partir de uma visão global e sistemática.

Por último, perguntamos “Para que serve a ciência?” e afirmamos que “para que a ciência sirva a humanidade ela precisa ser sempre neutra, desprovida de interesses particulares. Como exemplo, os valores pessoais, religiosos, culturais e sociais não afetam o trabalho científico, já que para se fazer ciência é utilizado um roteiro metodológico bem definido previamente”. Uma sentença com concepção pouco reflexiva sobre a NdC, pois se refere a esta como socialmente neutra, livre de interesses pessoais e, ainda, realiza referência ao método científico. Os estudantes responderam de acordo com GRÁFICO 16.

GRÁFICO 16 - Conhecimentos Prévios - Ciência Socialmente Neutra

iv. Para que serve a ciência? d) Para que a ciência sirva a humanidade ela precisa ser sempre neutra, desprovida de interesses particulares. Co...um roteiro metodológico bem definido previamente.
34 respostas



FONTE: Autoria própria (2025).

LEGENDA: Gráfico escala de 1 a 5 (discorda-concorda) x quantidade de alunos, referente a QUESTÃO 1; sentença iv. Para que serve a ciência?, afirmativa D.

Dentre as respostas dos estudantes, 26,5% (9 de 34) discordaram parcial (2) e outros 26,5% (9 de 34) discordaram totalmente (1) com a afirmativa proposta. Outros 17,6% (6 de 34) não souberam responder (3) e, mais, 20,6% (7 de 34) concordaram parcialmente (4) e 8,8% (3 de 34) concordaram totalmente (5) com a sentença. O que significou que a maior parte dos estudantes, 53%, não vê a ciência como socialmente neutra e/ou livre de interesses.

Numa tentativa de resumir as concepções prévias dos estudantes, estes em sua maioria, não demonstraram possuir uma compreensão mais reflexiva quanto ao método científico na produção do conhecimento, uma vez que concordam com o rigor metodológico. Demostraram concordar com papel neutro da observação, pois acreditam que se faz ciência observando a natureza. Possuem uma concepção mais internalista de ciência, mesmo apresentando criticidade sobre a não neutralidade da ciência. Não demonstraram criticidade quanto a concepção de ciência acumulativa e de crescimento linear.

Por outro lado, possuem criticidade quanto às questões sociais e de gênero na ciência. Concordam que se faz ciência por meio do percurso histórico e dinâmico do conhecimento (embora apresentam dúvidas). Compreendem que deveria haver a interdisciplinariedade na ciência. Possuem criticidade quanto a ciência ser socialmente neutra. Apresentaram noção sobre o trabalho coletivo na ciência.

6.2 ETAPA 2: EPISÓDIO HISTÓRICO - A HISTÓRIA DO DNA À LUZ DO REFERENCIAL FLECKIANO

Antes de dar início ao trabalho com o Episódio “A História do DNA”, foi apresentada a epistemologia de Fleck aos estudantes. Entre os assuntos abordados estavam: uma breve biografia de Ludwik Fleck e o contexto histórico de sua época, bem como os principais conceitos da obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”, tais como Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento. Enfatizou-se, também, a influência da medicina sob o olhar fleckiano para a ciência, ou seja, a influência da matriz biológica como modelo de ciência. Dessa forma, foi apresentado o EH analisado por Fleck, isto é, a história da sífilis. Em seguida, como maneira de avaliação processual da SD, os discentes realizaram a leitura do artigo clássico traduzido⁴⁷ de Watson e Crick (1953), caracterizado como material de uma fonte primária em História da Ciência (APÊNDICE A).

Após leitura em classe, os estudantes responderam a um questionário discursivo composto por 4 Questões:

- Q1) Como o modelo construído por Watson e Crick pode ser explicado?
- Q2) Qual foi a utilidade do modelo de Watson e Crick para a ciência?
- Q3) Quais foram os conhecimentos anteriores que contribuíram para que Watson e Crick construíssem o modelo do DNA?
- Q4) Quais aspectos da Epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?

Os estudantes puderam discutir em grupos (ou realizar a atividade individualmente, da maneira que considerassem mais confortável e produtível), bem como pesquisar sobre as dúvidas e consultar os professores. No total, 115 alunos responderam essa atividade sobre a História do DNA proposta em sala. Destes, 34 alunos autorizaram a constituição de dados para a pesquisa.

Desse modo, a constituição de dados nesse EH correspondeu a três grupos de dados: Grupo 1) O questionário respondido pelos estudantes, Grupo 2) a transcrição da aula gravada sobre a discussão da construção social do DNA e,

⁴⁷ Artigo traduzido em Blog da Biologia e Educação. Disponível em: <<https://biologiaeeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/>>. Acesso em 21 ago. 2023.

Grupo 3) o Diário de Pesquisa registrado logo após o desenvolvimento das aulas. Os detalhes sobre este episódio estão presentes no QUADRO 6 (p.142-143) e no APÊNDICE A (p. 281 a 287). Para responder às Questões, os estudantes tiveram acesso aos conceitos de Fleck (2010), ou seja, as categorias *a priori* para consulta, conforme QUADRO 12.

QUADRO 12 - Conceitos de Fleck (2010) e nossa interpretação

Categorias	Critérios
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pensamentos, valores, regras e normas. Dentro deste é formado o Estilo de Pensamento. Um Coletivo de Pensamento pode ser institucionalizado, como exemplo a comunidade científica, sociedades ou grupos de pesquisas.
Estilo de Pensamento	É uma percepção direcionada, modo Gestalt de observar um objeto, fato, fenômeno. Representa o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento e é um pensamento coercitivo ao sujeito.
Fato Científico	Objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Para Fleck, a sífilis representou um fato científico de maneira passiva e a Reação de Wassermann, teste diagnóstico da Sífilis, o modo ativo da construção do conhecimento humano.
Mutações no Estilo de Pensamento	Representa as transformações que ocorrem na teoria do conhecimento dentro de um Estilo de Pensamento. Comparação análoga a ideia de evolução, a qual ocorre de modo lento e gradativo.
Harmonia das Ilusões	Quando um(a) pesquisador(a) está enraizado(a) num Estilo de Pensamento. A harmonia das ilusões impede percepção de um novo Estilo de Pensamento ou a emergência de um fato científico.
Natureza da Ciência sob olhar fleckiano	
Gestalt	Não é possível a observação neutra, pois são as teorias que orientam um olhar direcionado, a percepção da forma <i>Gestalt</i> . Não existe uma Relação Binária entre Sujeito e Objeto, e sim um terceiro elemento, o estado do saber ou estado do conhecimento.
Caráter histórico e provisório do conhecimento científico	A importância do percurso histórico para a construção do conhecimento. Como exemplo, as Protoideias apresentadas por Fleck (2010) como a sífilis e o átomo, ou ainda, a noção de valência (Souza, 2020). Além disso, não conseguimos abandonar o passado, com todos os seus “erros”, uma vez que este continua vivo nos conceitos herdados, nas circulações de ideias, nas abordagens dos problemas, nas doutrinas nas escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições. Ademais, em Fleck vemos a analogia da teoria do conhecimento com a evolução biológica, que ocorre de modo lento e gradativo.
Controvérsias científicas	A existência de teorias rivais na construção do conhecimento indica Estilos de Pensamentos distintos dentro de Coletivos de Pensamento próximos. O Estilo de Pensamento não é rígido, pode ser permeável, por isso as divergências e possibilidades para mudanças e transformações.

Fonte: Com base em Fleck (2010).

6.2.1 GRUPO 1: QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ESTUDANTES

Em relação à Questão 1 (Grupo 1): “Como o modelo construído por Watson e Crick pode ser explicado?”, o objetivo foi verificar como os estudantes percebem o Fato Científico, isto é, o conceito científico da dupla hélice, pois esse conhecimento

é fundamental para a compreensão da construção social do DNA. Além de apresentar a Emergência do Fato Científico de Watson e Crick neste episódio.

Como resultados do Grupo 1 (Questão 1),⁴⁸ há quatro Codificações (C), a saber: G₁.Q₁.C₁) Estrutura do DNA; G₁.Q₁.C₂) Função do DNA; G₁.Q₁.C₃) Avanço e G₁.Q₁.C₄) “descoberta”, distribuídas por meio da análise temática-categorial, apresentadas no QUADRO 13.

QUADRO 13 – GRUPO 1. Análise da Questão 1 da História do DNA (G₁.Q₁ – C₁, C₂, C₃, C₄)

Categorias a priori	Critérios de análise	Unidade de Contexto	Codificação
Fato Científico	Objeto de pesquisa, fato ou fenômeno de um Estilo de Pensamento. Nesse caso, o Fato Científico representa a estrutura do DNA, em formato helicoidal, dupla hélice.	<p>A₁: “o modelo construído por Watson e Crick é uma dupla hélice que representa a estrutura do DNA”.</p> <p>A₃: “o modelo de Watson e Crick explicou a estrutura do DNA como uma dupla hélice formada por duas cadeias complementares de nucleotídeos”.</p> <p>A₁₂: “Esta estrutura possui duas cadeias helicoidais enroladas em torno de um mesmo eixo”.</p> <p>A₁₇: “Duas cadeias enroladas em torno de um mesmo eixo. As bases estão voltadas para o interior da hélice”.</p> <p>A₂₁: “pode ser explicado como uma estrutura em dupla hélice, formada por duas cadeias de nucleotídeos que se entrelaçam através de ligações de hidrogênio”.</p> <p>A₂₈: “o modelo construído foi justamente para a compreensão da estrutura do DNA”.</p> <p>B₁: “o modelo construído por Watson e Crick é uma representação do DNA, com duplas hélices que se entrelaçam”.</p> <p>B₃: “o modelo é conhecido por estrutura em dupla hélice do DNA”.</p> <p>D₁: “o modelo de Watson e Crick para a estrutura do DNA pode ser explicado pela complementariedade das bases nitrogenadas e pela formação de uma dupla hélice”.</p> <p>D₆: “O modelo desenvolvido por Watson e Crick chamada de modelo de dupla hélice, explica a configuração do DNA”.</p>	C ₁ Estrutura do DNA
		<p>A₂: “Como a estrutura química do DNA permite que ele funcione como material genético que contém as instruções para o desenvolvimento, funcionamento e reprodução dos organismos.</p> <p>C₂: “Eles imaginaram que cada uma das</p>	C ₂ Função do DNA

⁴⁸ São 4 turmas analisadas nesta pesquisa, denominadas por A, B, C, D. Os alunos são indicados aleatoriamente por A₁, A₂, A₃ ... A_n, de acordo com a turma a qual pertence. Por exemplo, se o estudante pertenceu a turma B, este terá a sigla B₁, B₂, B₃...B_n, e assim por diante.

		<p>cadeias originais da molécula de DNA servia como um padrão a partir do qual a cadeia complementar é formada.”</p> <p>D1: “o modelo de Watson e Crick para a estrutura do DNA pode ser explicado pela complementariedade das bases nitrogenadas e pela formação de uma dupla hélice”.</p> <p>D4: “Como uma fita enrolada com duas de cada seção da fita em que elas abrigam o código genético.”</p>	
	Desenvolvimento, construção, criação, invenção.	<p>A4, A22: “foi fundamental para a compreensão da estrutura e função do DNA e os avanços na ciência e biologia molecular”.</p>	C ₃ Avanço
Gestalt	<p>Percepção direcionada ao objeto/fato;</p> <p>Relação não binária, terceiro elemento, o estado do conhecimento.</p> <p>Teoria orienta a observação.</p>	<p>B5: “os cientistas descobriram que o DNA é uma molécula em forma de escada, em espiral, composta por duas cadeias nucleotídeos”.</p> <p>B6: “ele poderia ser explicado como uma descoberta dos cientistas, que diz que o DNA é uma molécula de forma espiral”.</p> <p>A₁₆: “o modelo construído por Watson e Crick se refere à estrutura em dupla hélice do DNA, descoberta por eles em 1953”.</p>	C ₄ “Descoberta”

FONTE: Autoria própria (2025).

Em relação à codificação “Estrutura do DNA” (G₁.Q₁.C₁), 26 estudantes (78,3%) do total de 34 participantes apresentaram respostas semelhantes à de A₁. Isso demonstra que a maioria dos alunos relacionou o conceito científico da dupla hélice com Fato Científico, em termos fleckianos.

Na segunda codificação “Função do DNA” (G₁.Q₁.C₂), 04 estudantes (11,76%) do total de 34 participantes compreenderam a funcionalidade do DNA. Em termos fleckianos, essa codificação também representa o Fato Científico. Como no exemplo de A₂, que lembrou as funções do DNA de replicação, transcrição e tradução, as quais Watson e Crick (1953) argumentaram que seriam de grande interesse biológico. Dentre as respostas, houve uma que envolveu tanto a Estrutura como a Função do DNA: a citação de D₁. O trecho “**complementariedade das bases nitrogenadas**” simboliza a função, pois remete a replicação do DNA. Enquanto “**dupla hélice**” refere-se à estrutura do DNA, o modelo helicoidal.

Da perspectiva fleckiana, compreendemos Fato Científico como o objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Neste EH, a Estrutura da dupla hélice representou o Fato Científico de Watson e Crick e sua contribuição, isto é, a publicação na revista *Nature* em 1953, trouxe a consequente Emergência de um Fato Científico para a ciência. Os estudantes, por sua vez, conseguiram identificar o

Fato Científico, pertinente ao EH do DNA, utilizando as informações presentes na fonte primária, isto é, no artigo clássico traduzido.

A codificação “Avanço” (G₁.Q₁.C₃) correspondeu a 02 estudantes (5,9%), sendo estas a de A₄ e A₂₂ que citaram “[...]os **avanços na ciência** e biologia molecular”, referência a um trecho do artigo de Watson e Crick (1953). Neste, os próprios cientistas argumentam que o modelo da dupla hélice por eles apresentado possui importância tanto para a compreensão da estrutura como para a função do DNA, o que caracteriza avanços da ciência. Ou seja, inferimos que os estudantes, em menor proporção, conseguiram também relacionar “avanço” com Fato Científico, em termos fleckianos. Codificamos assim, pois a ideia de “avanço” pode trazer a compreensão sobre o desenvolvimento de um Fato Científico, na perspectiva de construção do conhecimento em conjunto às inovações. Além disso, refere-se a criação e a invenção, e, pode contribuir para uma concepção mais reflexiva sobre a ciência.

De fato, a publicação da dupla hélice elucidou aspectos sobre hereditariedade e transmissão de genes, contribuindo para o desenvolvimento de áreas, como a biologia molecular e a engenharia genética. Entre os avanços tecnológicos, podemos citar os testes de DNA para reconhecimento de paternidade, ascendência genética, predisposições a problemas de saúde, utilização na criminalística, ou, ainda, no aprimoramento da Fertilização in Vitro (FIV), uma vez que a genética amplificou seu potencial.

Contudo, a utilização da palavra “avanço” pode trazer outro sentido, como a visão acumulativa e de crescimento linear. Nessa perspectiva, soma-se novos fatos a um conjunto de conhecimento já existente, sem haver rupturas ou “mutações”. No crescimento linear são percebidas uma ordem de progresso, onde em cada etapa supera-se e amplia-se a anterior. No entanto, essas visões estão ligadas ao positivismo clássico, que entende a ciência como um acúmulo ordenado de verdades em direção a um conhecimento cada vez mais completo. Entretanto, tais visões são consideradas pouco reflexiva por Gil-Pérez *et al.* (2001), Matthews (1995), Cachapuz *et al.* (2001, 2005), Moura (2014).

A expressão “avanço” lembra também a ideia de progresso científico e tecnológico, criticada por Auler e Delizoicov (2001) e Delizoicov e Auler (2011), devido ao entendimento não adequado da tríade: salvacionismo científico,

determinismo tecnológico e reducionismo tecnocrático. Por estas razões, é importante a mediação docente, sendo essencial discutir a partir da epistemologia fleckiana os sentidos que a palavra “avanço” pode produzir para um ensino mais reflexivo sobre a NdC.

Quanto a codificação “Descoberta” (G₁.Q₁.C₄), obtivemos proporção de 8,82%, isto é, 03 estudantes do total de 34 respostas. Conseguimos inferi-la em B₅, B₆ e A₁₆, o que demonstra que esses estudantes ainda não perceberam que construir conhecimento é totalmente diferente de “descobri-lo”, uma vez que são concepções epistemológicas conflitantes sobre o trabalho científico.

O termo “descoberta” remete a concepção empírico-indutivista ingênua, pois traz o sentido da observação neutra, sendo ainda presente nas respostas dos estudantes, embora com baixa proporção. A categoria *a priori Gestalt* (percepção da forma) foi associada a codificação C₄, “Descoberta”, pois remete a maneira como esses estudantes enxergam a ciência, com base nos anos do Ensino Tradicional de Ciência.

Em Fleck (2010), é citado o termo “descoberta” ao explicar como sucedeu a gênese da Reação de Wassermann, ou seja, o teste prático reproduzível para diagnóstico do sangue sifilítico, hipótese oriunda do saber popular - um pressuposto a princípio “equivocado”. Todavia, ainda que tenha citado a expressão “descoberta”, Fleck a relaciona como a invenção de um método analisável e não como obra do acaso, miraculosa. Vejamos:

Como Fleck (2010) fala sobre “descoberta”?

O uso da expressão “descoberta” é realizado quando o médico polonês explica a gênese da Reação de Wassermann, em que ocorreu o momento da “virada”, da invenção do método enquanto reação utilizável, ou reproduzível. Nesse sentido, Wassermann e colaboradores buscavam não apenas a comprovação da alteração sifilítica do sangue, mas também uma maneira de reprodução destes testes. Estes, tiveram como motivação social o conhecimento de circulação popular, que indicava alteração sifilítica do sangue, ou o sangue impuro. Apesar da pressuposição equivocada, Wassermann e colaboradores chegaram numa “descoberta” de grande importância prática, no diagnóstico da sífilis. A Reação de Wassermann foi tão bem-sucedida, que se originou a sorologia - nova área na ciência. Contudo, Fleck (2010) enfatiza que não foi ao acaso que a Reação de

Wassermann foi encontrada, mas ocorreu porque eles a buscavam de maneira sistemática, contando inclusive com o estado do saber da época. Nesse caso, houve a utilização de crenças pessoais, intuição, além do trabalho habilidoso dos pesquisadores.

Dessa maneira, para Fleck (2010) a particularidade da “descoberta” da Reação de Wassermann ocorreu por meio de duas vertentes: a primeira, pela epidemia venérea (atualmente conhecida como ISTs) da sífilis com ênfase ética, intrínseca desta doença. Em oposição a tuberculose, que de acordo com Fleck (2010), causou mais danos a sociedade, mas permaneceu popularmente conhecida como uma doença romântica. Portanto, não existiu pressão social para soluções práticas da mesma maneira como ocorreu com a sífilis. A segunda vertente, foi a ideia obstinada da alteração sifilítica do sangue, que demandou sua comprovação. Assim, Fleck não exclui a possibilidade do uso do termo “descoberta” na História da Ciência, contudo explica as nuances específicas que fizeram os cientistas decidirem por suas escolhas e comprovações.

Em relação à Questão 2 (Grupo 1): “Qual foi a utilidade do modelo de Watson e Crick para a ciência?”, o objetivo foi buscar compreensões dos estudantes sobre a construção do conhecimento científico. Como resultados, definimos quatro codificações, sendo estas: G₁.Q₂.C₁) Genética; G₁.Q₂.C₂) Avanço; G₁.Q₂.C₃) “Descoberta” e G₁.Q₂.C₄) Fase clássica da ciência, as quais são apresentadas no QUADRO 14.

QUADRO 14 - Análise da Questão 2 da História do DNA (G₁.Q₂ – C₁, C₂, C₃ e C₄)

Categorias a <i>priori</i>	Critérios de análise	Unidade de Contexto	Codificação
Fato Científico	Desenvolvimento de um Fato Científico, construção do conhecimento,	D1: “foi fundamental para a compreensão da réplica do DNA, transcrição e tradução, bem como o desenvolvimento de técnicas de engenharia genética ”. D4: “foi útil para possíveis mecanismos de cópia do material genético ”. D ₁₀ : “abriu caminho para possíveis mecanismos de cópia do material genético e posteriormente ajudou na compreensão das variações genéticas [...].”	C ₁ Genética
		A ₁₅ : “1. Compreensão da hereditariedade; 2. Desenvolvimento de medicamentos e terapias; 3. Biologia molecular e genética ; 4. Tecnologia de sequenciamento de DNA ; 5. Engenharia genética ; 6. Evolução e Filogenia; 7. Desenvolvimento de testes ”	C ₂ Avanço

	criação, invenção.	<p>genéticos".</p> <p>A₄: "conhecimento possibilitou pesquisas futuras na área da biologia e ciência".</p> <p>A₁₄: "a estrutura do DNA e sua replicação, a que levou a avanços significativos na genética e na biologia molecular".</p> <p>D₈: "a utilidade desse modelo foi para impulsionar os estudos sobre o DNA, com a leitura do código genético, modificações etc.".</p> <p>D₉: "o modelo foi crucial para a ciência, pois proporcionou uma compreensão estrutural do DNA, lançando bases para a genética molecular e avanços subsequentes como a decodificação do genoma humano".</p>	
<i>Gestalt</i>	<p>Percepção direcionada ao objeto/fato;</p> <p>Relação não binária, há terceiro elemento, o estado do conhecimento.</p> <p>Teria orienta a observação.</p>	<p>B₃: "descobriram a estrutura do DNA, que foi de grande uso para coisas como análise de características dos seres vivos".</p> <p>B₆: "ele abrange mais as novas descobertas para conhecimento dos genes humanos".</p> <p>B₁₂: "descobrem a estrutura molecular do DNA, o material hereditário da vida, que tem a forma de uma dupla hélice".</p>	C ₃ "Descoberta"
Estilo de Pensamento	<p>Fase clássica e fase de complicações, no Estilo de Pensamento.</p>	<p>B₄: "Watson e Crick foram responsáveis pela atual forma como vemos a molécula do DNA".</p> <p>B₁₄: "foi de extrema importância para o estudo e influência para o modelo atual que conhecemos do DNA".</p>	C ₄ Fase clássica na ciência

FONTE: Autoria própria (2025).

A codificação "Genética" (G₁.Q₂.C₁), com proporção de 41,2%, correspondeu a resposta de 14 do total de 34 estudantes. Para identificar essa categoria, foram consideradas as unidades de contextos relacionadas à análise temática, incluindo os termos: genética, genoma humano, variações genéticas, replicação com material genético, genes humanos. Desse modo, classificamos as respostas de 14 estudantes relacionadas à "Genética"⁴⁹. Em termos fleckianos, a codificamos como o desenvolvimento de um Fato Científico, sendo que consideramos a dupla hélice do DNA como a gênese do Fato Científico de Watson e Crick. Em outras palavras, associamos as duas partes da construção de um Fato.

Utilizamos a apropriação conceitual de Fleck (2010), que considera o Fato Científico a partir de dois desdobramentos: 1) da conexão ativa do conhecimento, a qual nominou de Reação de Wassermann e 2) da conexão passiva, que denominou

⁴⁹ De acordo com Bozza (2022), Genética é a ciência que estuda a hereditariedade e as variações das características genotípicas e fenotípicas dos seres humanos, a qual possui grande importância econômica relativo à saúde pública e evolutiva.

sífilis. O mesmo caso consideramos na História do DNA. O acoplamento ativo do saber, que estava em construção, em 1953, foi a dupla hélice para a estrutura do DNA, que comprovaria a complexidade dessa molécula, através da formação helicoidal das quatro bases nitrogenadas (Adenina, Guanina, Citosina, Timina). E o acoplamento passivo, que culminou no desenvolvimento de novas áreas, a partir dos estudos do DNA, como a própria Genética.

Na segunda codificação, temos “Avanços na ciência” (G₁.Q₂.C₂), com proporção de 29,4% relativos a 10 estudantes. Em termos fleckianos, consideramos os exemplos relacionados ao desenvolvimento do Fato Científico, a partir da construção da Ciência e da Tecnologia (C&T). Ou seja, os estudos sobre o DNA impulsionaram novas áreas do conhecimento, tais como a biologia molecular e a genética.

Em relação à codificação “descoberta” (G₁.Q₂.C₃), 05 estudantes (14,7%) do total de 34, compreendem a ciência a partir de uma concepção empírico-indutivista ingênua. Nesta perspectiva, supõem-se uma observação neutra, pois se entende a construção do Fato a partir da observação desprovida de intenções ou teoria. Se assim acreditarmos, que um Fato Científico pode ser “descoberto”, seremos como os empiristas ingênuos, com concepções pouco reflexivas sobre NdC, segundo Gil-Pérez *et al.* (2001), Chalmers (1993) e Moura (2014).

Para além, uma das principais críticas de Fleck (2010) ao Círculo de Viena foi a de que a relação sujeito-objeto não é binária e sim, constituída por um terceiro elemento que realiza essa mediação, sendo este o estado do saber, ou estado do conhecimento. Para Fleck (2010), a observação do sujeito/pesquisador é influenciada pelo Estilo de Pensamento, e pelo Coletivo de Pensamento, em que o sujeito participa, a qual é coercitiva ao seu pensamento. Da concepção fleckiana, podemos afirmar que Watson e Crick não “descobriram” a dupla hélice, mas sim procuravam por ela. A buscavam de maneira sistemática, e não por obra do acaso.

Compreendemos que, para o Ensino de Ciências, o termo “descoberta” pode ser debatido nas aulas, desde que seja usado para dar ênfase as peculiaridades do desenvolvimento de um Fato Científico. Os exemplos encontrados no capítulo 3 de “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico” são apropriados para dialogar

com concepções mais reflexivas sobre a NdC. Incluindo a desmistificação da observação neutra, que desmonta a concepção empírico-indutivista⁵⁰ ingênuas.

A expressão “descoberta”, entretanto, possui alguns significados dentro do Ensino de Ciências, a depender do referencial teórico adotado. Um dos mais populares a compara a uma investigação científica, onde os alunos vivenciam hipóteses, experimentos e validações, simulando o método científico. Um clássico que fundamenta esse ensino por descoberta é Bruner (1960), que defende que os estudantes recriem os processos da descoberta científica, ao invés de apenas receber os fatos prontos.

No entanto, discordamos desse fundamento de ensino, pois nosso principal objetivo é promover a reflexão sobre a Natureza da Ciência nos estudantes do Ensino Médio. Para que com isso, possam (re)pensar os processos de construção do conhecimento científico. Dessa forma, não concordamos com a ideia de os alunos reproduzirem experimentos a ponto de observar somente os produtos da ciência. Tampouco, pretendemos formar cientistas na Educação Básica.

Já a “descoberta de fatos científicos” apresentada em Carvalho e Gil-Pérez (1998), identifica a construção da ciência como caráter histórico e provisório. Nesta, a ciência é mostrada como um processo em evolução e não como verdade imutável. Essa concepção, dialoga com a perspectiva fleckiana, uma vez que possui a vertente evolucionista da ciência.

Em relação à codificação “Fase clássica da ciência” (G1.Q2.C4), 05 estudantes (14,7%), entre eles B₄ e B₁₄, nos fizeram localizar um aspecto da NdC, a provisoriaidade do conhecimento científico. Em termos fleckianos, o modelo da dupla hélice do DNA contempla, no presente momento, a fase clássica na ciência ou a Harmonia da Ilusões. Apesar que à época da publicação da dupla hélice, esse Fato representou uma complicação na ciência, marcando a Emergência de um Fato Científico e um novo Estilo de Pensamento, já que se pensava que as proteínas eram as moléculas com maiores complexidades.

⁵⁰ Concepção não adequada sobre a construção do conhecimento científico, pois considera o papel neutro da observação. Nessa concepção pouco reflexiva, “descobertas” podem acontecer, sugerindo o acaso. Na própria História do DNA, é muito comum o termo “descoberta do DNA”, sugerindo que o pensamento científico em torno do Fato ocorreu naturalmente. Instiga outras concepções pouco reflexivas, tais como a visão rígida e dogmática, que utiliza exclusivamente o método científico, bem como a ideia de progresso, que culmina na concepção acumulativa e de crescimento linear.

Compreendemos que a fase de complicações no Estilo de Pensamento é aquela em que começa a acontecer mudanças, transformações, na maneira de observar um fato ou fenômeno. De acordo com Fleck (2010), na fase clássica da ciência, somente são percebidos fatos que se encaixam com precisão no sistema de pensamento. Quando começa ocorrer exceções, as quais ultrapassam o número de casos regulares, acaba acontecendo as complicações no Estilo de Pensamento. Estas, irão desestabilizar o sistema de pensamento fechado que antes estava resistente às mudanças, pois estava em meio a Harmonia das Ilusões.

Para Fleck (2010), uma Harmonia das Ilusões é persistente e rígida, e, nesse caso, qualquer contradição parece ser impensável. Na História do DNA, ocorreu um exemplo de Harmonia das Ilusões em que os cientistas experientes, como Linus Pauling (1901-1994), estavam tão enraizados no sistema de pensamento fechado, que não conseguiram perceber a complexidade do DNA, somente das proteínas, de acordo com o estado do conhecimento da época. Desse modo, persistiram nas pesquisas em torno das proteínas e ignoraram investigações em torno do DNA (Delizoicov *et al.*, 2002; Scheid; Ferrari; Delizoicov, 2005; Souza; Aires, 2024a, 2024b).

Conforme o estado do saber do início do século XX, o gene com tamanha capacidade de transmissão hereditária só poderia proceder de uma molécula complexa o suficiente. A rápida solução de Watson e Crick (1953) para apresentar a estrutura de dupla hélice do DNA surpreendeu cientistas mais experientes da época (Souza; Aires, 2024a, 2024b). Embora pesquisas científicas anteriores à publicação de Watson e Crick, já indicavam a complexidade da molécula do DNA como a de Oswald Avery (1877-1955), em 1944, e, a de Alfred Day Hershey (1908-1997) e Martha Chase, em 1952 (Bozza, 2022). Podemos interpretar a partir da epistemologia fleckiana, que o sistema de pensamento daquele Coletivo ainda permanecia persistente às mudanças, sendo que alguns estudantes conseguiram interpretar essas nuances do Estilo de Pensamento, tal como a fase clássica.

Em relação à Questão 3 (Grupo 1), “Quais foram os conhecimentos anteriores que contribuíram para que Watson e Crick construíssem o modelo do DNA?”, o objetivo foi averiguar a compreensão dos estudantes sobre a construção social na ciência no EH do DNA.

Como resultados, identificamos duas codificações nas respostas dos estudantes: G₁.Q₃.C₁) Ciência coletiva e G₁.Q₃.C₂) Conhecimento científico. Os resultados são apresentados no QUADRO 15.

QUADRO 15 - Análise da Questão 3 da História do DNA (G₁.Q₃.C₁ e G₁.Q₃.C₂)

Categorias a priori	Critérios de análise	Unidade de Contexto	Codificação
Coletivo de Pensamento	Conjunto de condutas, valores, normas, formam um Estilo de Pensar. Podem ser os Grupos institucionalizados, como as sociedades, grupos de pesquisa ou a comunidade científica.	A ₆ : “diversos cientistas contribuíram para os conhecimentos anteriores que possibilitaram a construção do modelo do DNA incluindo os trabalhos de Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, Linus Pauling e Ervin Chargaff”. D ₂ : “experimentos e teorias anteriores foram uma grande ajuda para eles, como experimentos e difração com raio-x que contribuiram ao entendimento”. D ₄ : “os estudos e publicações de Pauling e Corey, onde eles analisaram o modelo deles e perceberam ‘um erro’(...)”. D ₅ : “os experimentos de Rosalind Franklin, que forneceram informações sobre a estrutura helicoidal”. D ₆ : “conhecimentos prévios, como a difração de raios-x, as pesquisas sobre a relação do DNA e informações sobre a composição de nucleotídeos foram fundamentais na construção do modelo”. D ₇ : “Watson e Crick se basearam em pesquisas passadas como Rosalind Franklin e Linus Pauling”.	C ₁ Ciência coletiva
Fato Científico	Objeto de pesquisa, fato ou fenômeno de um Estilo de Pensamento.	A ₄ : “os conhecimentos de Pauling, Corey, Furberg contribuíram muito para a construção desse modelo”. A ₁₇ : “através de estudos de difração de raios-x eles revelaram que a molécula de DNA é um composto formado por duas longas cadeias paralelas, constituídas por nucleotídeos dispostos em sequência”. A ₂₆ : “eles perceberam que a distância das ligações de van der Waals era curta no modelo de Pauling e o material analisado por difração é diferente”. D ₈ : “Eles estudaram pesquisas da época que os trouxe o conhecimento do tamanho dos nucleotídeos”.	C ₂ Conhecimento científico

FONTE: Autoria própria (2025).

Em relação à codificação “Ciência coletiva” (G₁.Q₃.C₁), 70% dos estudantes, o que representa 24 de 34 na totalidade, conseguiram perceber o caráter coletivo da ciência na História do DNA. Diversos nomes como Linus Pauling, Corey, Fraser, Furberg, Erwin Chargaff, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin são referenciados como participantes de conhecimentos anteriores na construção do modelo de dupla hélice para o DNA, proposto por Watson e Crick, em 1953.

Como exemplos desta codificação, os estudantes citam que Watson e Crick receberam ajuda de Rosalind Franklin, por meio dos seus dados experimentais, a saber: as fotografias do DNA. Há ainda, a contribuição do manuscrito de química de Linus Pauling, que os ajudou no estudo das moléculas, além do modelo de estrutura molecular, de Pauling e Corey, contendo uma tripla hélice, que auxiliou na consolidação do entendimento sobre a dupla hélice. Estes exemplos, reforçam a importância de pesquisas anteriores para formação de uma nova compreensão do conhecimento. Nestas respostas, percebemos que os estudantes refletiram que a ciência é uma construção coletiva. Consideramos, ainda, que o caráter coletivo do trabalho científico possibilita a desmistificação da concepção individualista e elitista de ciência, bem como a visão socialmente neutra da ciência, arduamente criticadas em Gil-Pérez *et al.* (2001).

Dessa maneira, pudemos enfatizar a presença do Coletivo de Pensamento, em concordância com Fleck (1979, 1980, 2010), o que contribui para que estudantes refletam sobre a NdC, para além dos conceitos científicos. De mesma forma, é possível pensar em debates sobre ética na ciência, tais como competição entre os cientistas e questões de gênero. Assim, uma possibilidade de discussão, junto aos estudantes, se refere ao trabalho de mulheres na ciência e a desigualdade de gênero que ocorre (e ocorreu) no ambiente científico.

Em Watson e Crick (1953), é comentado que existem dados experimentais de Rosalind Franklin ainda não publicados. Entretanto, esta citação não foi realizada com intuito de promover o trabalho da cientista, mas sim para dar comprovação empírica à teoria da dupla hélice, a qual fora encaminhada à publicação pela primeira vez naquele momento, continha, portanto, o ineditismo. Além disso, o nome da cientista é citado junto ao de Maurice Wilkins, o líder do laboratório que entregou as radiografias do trabalho de Rosalind aos dois jovens cientistas. E mais, sabemos que menções à difração de raio-x, fotografia do DNA e técnica de cristalografia dizem respeito a dedicação da cientista, que teve seu trabalho invisibilizado na época pelo fato de ser mulher. Infelizmente, Rosalind Franklin nunca foi creditada em vida por seu trabalho com o DNA, pois - segundo Bozza (2022) - veio a falecer aos 37 anos acometida por um câncer no ovário.

Em relação à codificação “Conhecimento científico” (G₁.Q₃.C₂), 10 estudantes (~30%) se preocuparam em explicar a concepção conceitual, referente à dupla

hélice. Os trechos mencionados pelos estudantes revelam que houve a identificação de conceitos científicos que estavam em construção, porém sem ser citado os termos epistemológicos. Como os conceitos Fato Científico, Estilo de Pensamento e Coletivo de Pensamento se interseccionam, a seguir discutimos sobre estes.

Previamente, nas aulas sobre “Concepções de Ciência”, foram apresentados os conceitos fleckianos de Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento, tendo como ênfase uma figura do Congresso de Solvay de 1927, em que Albert Einstein e Niels Bohr protagonizaram o embate científico mais famoso entre a comunidade científica (Apêndice A). Nestas aulas, foram discutidas a construção do pensamento científico e a necessidade da aceitação da comunidade científica para aprovação de uma teoria. Dessa forma, é possível perceber, a partir do QUADRO 13, que os estudantes conseguiram relacionar o trabalho científico coletivo necessário para formação de um novo conhecimento. Essa percepção foi realizada, a partir do artigo de fonte primária, de Watson e Crick (1953), uma vez que neste foram mencionados os nomes de vários cientistas que contribuiram, conjuntamente, para que o modelo da dupla hélice do DNA pudesse ser elaborado (como mencionado na codificação anterior).

Na perspectiva de Fleck (1979, 1980, 2010) não estamos em condição de julgar como “erro” os conceitos científicos que em outro Coletivo e Estilo de Pensamento faziam sentido. Assim entra a discussão do “erro” na ciência. Conforme Condé (2018), na concepção fleckiana, o Coletivo de Pensamento constrói os critérios para determinar a “objetividade” e “precisão” que garante aspectos de “certeza” da afirmação sobre o que é considerado correto em termos científicos. Nesse aspecto, a epistemologia de Fleck se diferencia das demais. Segundo Nogueira (2012, 2021), o médico polonês consegue separar a “verdade” da “realidade”. Desse modo, quando um cientista julga algum Fato Científico como “erro”, este o faz sob influência do Estilo e Coletivo de Pensamento ao qual pertence, sob uma *Gestalt* que direciona a sua percepção e interpretação. Ao citar que o modelo de Pauling e Corey continha “um erro”, poderíamos pesquisar quais os aspectos levaram Watson e Crick (1953) a compreender esse “erro”, sendo provavelmente a partir da perspectiva do Estilo de Pensamento que estava sendo formado. Possivelmente, como sugerido por A₂₆, ambos, Watson e Crick, perceberam o “erro” no modelo de Pauling porque tiveram acesso às radiografias do

DNA de Rosalind Franklin, as quais indicaram outros tipos de ligação. Os dados forneceram comprovação empírica da teoria que estava sendo formulada. Isto é, o modelo da tripla hélice foi refutado a partir dos dados empíricos.

Fleck (2010) explicou sobre o caráter coletivo da ciência que mesmo um pesquisador munido com todo equipamento intelectual e material, sozinho não consegue alcançar a capacidade que o coletivo possui para resolver os problemas científicos. No caso da medicina, Fleck afirma que um pesquisador sozinho não conseguiria distinguir os quadros clínicos e sequelas de uma doença na sua totalidade, somente a comunidade organizada de pesquisadores, com auxílio do saber popular e do percurso histórico da doença por várias gerações, conseguiria tal feito.

A partir da epistemologia fleckiana, podemos considerar que a compreensão sobre os aspectos de Coletivo e Estilo de Pensamento leva à compreensão da construção social do conhecimento. Conseguimos perceber a compreensão dos estudantes a respeito do conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento, uma vez que houve compreensão do caráter coletivo da ciência. No entanto, a reflexão sobre o conceito fleckiano de Estilo de Pensamento não foi realizada com a mesma facilidade.

Acreditamos, ainda, que para quem possui um olhar treinado em epistemologia da ciência, como os iniciados e com formação em HFSC, possivelmente perceberiam que um novo Estilo de Pensamento estava se iniciando naquele período de Watson e Crick (1953), a saber: o conhecimento científico sobre a dupla hélice, a qual representa o modelo estrutural do DNA atual. Contudo, os estudantes do Ensino Médio não tiveram percepção sobre o Estilo de Pensamento, mesmo sendo indicados na fonte primária quais conceitos científicos estavam em construção no episódio. Provavelmente, essa não percepção ocorreu porque os estudantes estão acostumados a concepção empírico-indutivista, natural ao método tradicional de ensinar ciência.

Desde *Iohannis Amos Comenius*⁵¹ (1592-1670), com a *Didactia Magna* (1621-1654), formalizou-se a escola e a arte de ensinar solidamente tudo a todos e todas, incluindo a arte de ensinar ciência. Um atributo para aprendizagem de Ciências na perspectiva comeniana foi a “visão”. Nesse quesito, como fundamento na *Didactia Magna* há ênfase à observação da natureza para então ser possível compreender os fenômenos, referência ao método empírico.

Conforme Comenius (2001), os estudantes deveriam buscar sua própria relação com a natureza por meio do método empírico. Assim, ao invés de utilizar livros, os jovens deveriam realizar observações. A atitude de construir o fundamento do método empírico para solidificação do conhecimento elevou o papel da empiria e da observação da natureza para compreensão da ciência. Desse modo, o Ensino de Ciências de caráter empírico-indutivista possui aproximadamente 400 anos de história. Desde então, comumente professores são formados e ensinam neste método de ensino. Por esta razão é tão importante a abordagem de Fleck (1979, 1980, 2010) na Educação Básica, para desenraizar o Ensino de Ciências.

Nesse sentido, é de suma importância a formação docente, de modo que haja preparação para o professor saber lidar com questões sobre ciência. Incluindo, noções de epistemologia da ciência e compreensões das concepções ingênuas em relação ao trabalho científico, tais como as mencionadas anteriormente.

Em relação à Questão 4 (Grupo 1): “Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber no episódio histórico do DNA?”, o objetivo foi perceber como os estudantes interpretam a epistemologia de Fleck e/ou a NdC no EH do DNA. A fundamentação teórica a respeito da epistemologia fleckiana já havia sido aplicada em sala de aula. Nesta questão, as respostas precisavam ser preenchidas no quadro correspondente as categorias *a priori*. Desse modo, os estudantes foram objetivos nas respostas. Cuidamos em perceber qualitativamente como os estudantes comprehendiam tais categorias, assim

⁵¹ Comenius trouxe o conceito de Educação Universal, sem restrições ou acepção de pessoas; tratou com importância o acesso à educação também às meninas e mulheres, e toda juventude, não apenas aos filhos de famílias abastadas e ao clero, abrangendo o ensino aos plebeus, em todas as cidades, vilas ou aldeias. À época, não existia currículos sistematizados e não havia educação para todos e todas. Houve reforma e democratização do ensino, além da formalização da estrutura escolar, como a separação dos estudantes por idade. A “escola” foi posterior à obra comeniana e por intermédio desta formalização, se abriu a possibilidade de ascensão social por meio dos estudos (Comenius, 2001; Cruz; Silveira, 2024).

não houve levantamento de porcentagens. A interpretação quanto ao Estilo de Pensamento está apresentada no QUADRO 16.

QUADRO 16 - Análise do Estilo de Pensamento (EP) na História do DNA (G₁.Q₄.EP.C₁.C₂.C₃.C₄)

Categorias a priori	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Estilo de Pensamento	<p>É a percepção direcionada, forma <i>Gestalt</i> de perceber um objeto/Fato. É o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento.</p> <p>Como os estudantes estão compreendendo a ciência/Química na história do DNA?</p>	A ₃ : “Os cientistas renovam o pensamento químico ”.	<p>C₁ Estilo Químico de Pensar</p>
		A ₄ : “Os cientistas utilizaram do estilo de pensamento químico para fazer seus estudos”.	
		A ₁₄ : “comparado a um estilo de pensamento químico ”.	
		A ₁₅ : “do artigo clássico de Watson e Crick a frase: ‘utilizamos os pressupostos químicos habituais’.	
		D ₅ : “utilizamos os pressupostos químicos habituais”, ele usou um pensamento dos químicos ”.	
		D ₆ : “ Pensamento voltado elemento químico para a composição do DNA”.	
		D ₇ : “no parágrafo seis eles utilizam a ideia geral da química para avançar seu ponto”.	
		D ₈ : “Eles procuram artigos e ideias ”.	
		D ₉ : “Pauling e Corey tinham uma percepção diferente a Watson e Crick”.	
		D ₁₀ : “A mudança no estilo de pensamento indo do modelo de Pauling e Corey até o modelo de Watson e Crick”.	C ₂ Evolução do conhecimento químico
		B ₃ , B ₆ : “pela abordagem científica rigorosa ”.	<p>C₃ Concepção empírico-indutivista</p>
		B ₁₂ : “ jeito do cientista ver as coisas ”.	
		B ₂₀ : “ Um pensamento que se dá ao observar algo ”.	
		A ₅ : “Os conceitos fleckianos como o estilo de pensamento coletivo e influência das estruturas de pensamentos dominantes podem ser percebidos na história do DNA”.	<p>C₄ Ciência hegemônica</p>

FONTE: Autoria própria (2025).

A codificação “Estilo Químico de Pensar” (G₁Q₄EP₁), possivelmente, veio da interpretação da fonte primária de Watson e Crick (1953), isto é, o artigo clássico, após as aulas sobre Concepções de Ciência e Epistemologia de Fleck. Neste artigo, os cientistas indicam que estão seguindo os “pressupostos químicos habituais”, uma referência à maneira de pensar sobre a construção de modelos atômicos com base na estrutura molecular e na ligação química. Essa referência aos “pressupostos químicos” certamente faz menção aos trabalhos do químico Linus Pauling, o qual elaborou modelos atômicos e os utilizava para elucidar as estruturas das moléculas,

como consta em Souza (2020). Os estudantes compreenderam que pesquisas com modelos atômicos, e estruturas moleculares, são referentes ao conhecimento químico, os quais Watson e Crick precisaram adquirir para então, construir o modelo de dupla hélice para o DNA.

Em Lemos e Porto (2013), vimos pela Filosofia da Química que químicos possuem uma percepção distinta se comparada às dos físicos, como no caso do conceito de orbital. Os orbitais dos físicos não são observáveis porque são estados (quânticos; matemáticos e abstratos), enquanto os orbitais para os químicos são compreendidos como densidade eletrônica e, assim, são observáveis, localizáveis.

Outro exemplo, em Souza (2020), foi identificado um Estilo de Pensamento de físicos e um Estilo de Pensamento de Químicos, referente à construção do conhecimento das Teorias de ligação. Para os químicos, a Teoria da Ligação poderia ser definida como um par de elétrons compartilhado e assim, desenvolveram a Teoria da Ligação de Valência (TLV), que era útil e sugestiva para explicar como as moléculas são formadas. Já os físicos, à época do desenvolvimento desta teoria, a consideraram como refutada, pois não se utilizava o conceito de orbital para explicar a ligação química. Os físicos desenvolveram a Teoria do Orbital Molecular (TOM), que explica a ligação por meio da função de onda, contendo uma matemática avançada e com os princípios da mecânica quântica, teoria desenvolvida ao longo do século XX.

De acordo com Lemos e Porto (2013), os químicos não dão muita atenção para a fragilidade das teorias, desde que elas sejam úteis. Vale ressaltar, que essa distinção do Estilo de Pensamento químico é referente a elaboração do fundamento da teoria da ligação do início do século XX. Hoje, a Teoria do Orbital Molecular (TOM) também faz parte da apropriação do Estilo de Pensamento químico, sendo ensinada conjuntamente com a Teoria da Ligação de Valência (TLV) na formação inicial dos estudantes de Química.

Em relação às suposições dos estudantes quanto a categoria *a priori* Estilo de Pensamento, durante o desenvolvimento da SD, foi explicada sobre a participação de cada cientista e suas respectivas formações acadêmicas. Os estudantes souberam que Watson é biólogo (ainda vive) e que Crick era físico, e, ambos, precisaram estudar química para compreender mais detalhes de suas pesquisas com o DNA. Partindo destas informações, bem como da leitura do artigo clássico,

que utilizou o termo “pressupostos químicos”, os estudantes associaram-no a um “Estilo Químico de Pensar”.

Ademais, quanto à codificação “Evolução do Estilo de Pensamento” (G₁Q₄EPC₂), D₁₀ apresentou indício de compreensão sobre Mutação no Estilo de Pensamento ao comentar que este conceito pode ser percebido no episódio do DNA, por meio de mudança na representação molecular com alteração de modelos.

Em relação à codificação “Concepção empírico-indutivista” (G₁Q₄EPC₃), apenas uma pequena parte dos estudantes (três dos 34) demonstraram indícios dessa concepção. Como por exemplo, quando B₂₀ responde que o Estilo de Pensamento é “um pensamento que se dá ao observar algo”. Tal frase faz menção ao papel neutro da observação, remete a importância da empiria para a construção do conhecimento, sendo, portanto, uma concepção empirista e pouco reflexiva sobre a ciência, de acordo com Gil-Pérez *et al.* (2001).

Na frase de B₁₂, “jeito do cientista ver as coisas”, é possível uma ambiguidade de sentido, uma vez que poderia ser encaixado com a definição do Estilo de Pensamento de uma percepção direcionada, um modo *Gestalt*, descrita em Fleck (1979, 1980, 2010). Neste sentido, o “jeito do cientista ver”, poderia remeter ao modo enquanto conhecimento diferenciado, tendo uma teoria que orienta o olhar do cientista. No entanto, pelo contexto do *corpus* do material de análise, muito provavelmente o aluno se referiu à observação superdotada do cientista, ou seja, aquele gênio capaz de ver “coisas” que as pessoas comuns não conseguem ver. De outro modo, também pode corresponder a ênfase na observação neutra, onde o objeto (fato) é fixo e fornece respostas ao pesquisador pelo método empírico.

Dessa maneira, coube a codificação como concepção empírico-indutivista, correspondendo a uma visão não adequada como argumentada em Gil-Pérez *et al.* (2001). Já as frases de B₃ e B₆, “pela abordagem científica rigorosa”, se referem à visão rígida e dogmática, na qual o método científico é exclusivamente necessário para o desenvolvimento da atividade científica, encaixando-se, também, na codificação “Concepção empírico-indutivista”.

Quanto à codificação “Ciência hegemônica” (G₁Q₄EPC₄), é provável que o estudante (A₅) associou a coerção de pensamento ao pensamento hegemônico, comparável ao que seria uma ciência dominante. Desse modo, temos um indício de compreensão do Estilo de Pensamento por sua definição (vide QUADRO 9).

Segundo Schäfer e Schnelle (2010), decisões e costumes estão sempre vinculados a Estilos de Pensamento, que se referem às possíveis determinações de atributos. Da definição fleckiana sobre Estilo de Pensamento, ações como julgamentos, métodos e meios de desenvolver os conhecimentos estão intrínsecas aos interesses do Coletivo de Pensamento. Como na ciência hegemônica há um domínio de pensamento, uma certa coerção de pensamento, tal associação é apropriada. Contudo, essa percepção sobre o Estilo de Pensamento foi de apenas um estudante.

Na sequência, também estão relacionadas respostas a Questão 4 (Grupo 1): “Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?”. Ênfase para categoria *a priori* “Mutação no Estilo de Pensamento”, apresentadas no QUADRO 17.

QUADRO 17 - Análise da Mutação no Estilo de Pensamento na História do DNA
(G1Q4MutaçãoEPC₁C₂C₃)

Categorias <i>a priori</i>	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Mutação no Estilo de Pensamento	Transformações que ocorrem na teoria do conhecimento dentro de um Estilo de Pensamento. No episódio histórico do DNA, o estado do conhecimento sofreu mudança, com relação ao entendimento das proteínas como moléculas mais complexas conhecidas na ciência para a molécula do DNA como a mais complexa, por formar uma dupla hélice (dupla fita complementar com apenas 4 bases nitrogenadas):	A ₄ : “Eles acham que proteínas eram mais eficaz...”. A ₆ : “molécula de DNA / hereditariedade”. A ₁₂ : “ Entendia que as proteínas eram as mais complexas e agora entende que é o DNA ”. A ₂₂ : “ Antes acreditávamos que as proteínas eram a estrutura mais complexa, mas depois desse estudo foi provado que na realidade é o DNA ”. A ₂₆ : “modificação no modelo do DNA ”. D ₂ : “ evolução das teorias científicas e a importância da experimentação”. D ₄ : “eles mudam diversas vezes de diferentes estilos e teorias para outros”. D ₅ : “mostra-se na transição de conceitos ao longo do tempo. A rejeição de ideias pré-existentes, como a proposta de Pauling ilustra mutações no pensamento que levaram à formulações da dupla hélice”. D ₆ : “Antes acreditavam que a proteína era a estrutura mais complexa no ser humano, isso mudou quando estudaram o DNA ”. D ₇ : “Acreditavam que as proteínas eram as estruturas mais complexas, mas após estudos definiram o DNA como mais complexo ”. D ₈ : “mostra-se na transição de conceitos ao longo do tempo”. B ₁ : “ser equivalente às mudanças na estrutura do DNA ”. B ₄ : “Por exemplo: antigamente, pensavam que as proteínas eram as questões mais complexas, já agora associa o DNA ”.	C ₁ Evolução do DNA

	adenina, timina, citosina e guanina)	A ₁₅ : “ mudanças de paradigmas científicos ”. A ₁₇ : “Evolução constante da ciência ao longo do tempo e a capacidade de ajustar teorias à luz de novas descobertas ”.	C ₂ Estrutura da ciência
--	--------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------

FONTE: Autoria própria (2025).

Identificamos a codificação ‘Evolução do DNA’ (G₁Q₄MutaçãoEPC₁), pois foi mencionado diversas vezes pelos estudantes a mudança conceitual que ocorreu na compreensão científica a respeito da molécula que seria responsável pela hereditariedade (pelo gene). Observou-se que os estudantes compreenderam não apenas a mudança no conceito científico, mas também a mudança no Estilo de Pensamento.

Por exemplo, D₅ apresenta como se dá a Mutação no Estilo de Pensamento na História do DNA: “**mostra-se na transição de conceitos ao longo do tempo. A rejeição de ideias pré-existentes, como a proposta de Pauling ilustra mutações no pensamento que levaram à formulações da dupla hélice**”. Assim, consideramos que o conceito epistemológico de Mutação do Estilo de Pensamento foi contemplado nas respostas, ainda que por uma pequena quantidade de estudantes.

Em relação à História do DNA, Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005) comentam que já se conhecia sobre a hereditariedade desde final do século XIX, porém não se sabia qual era a molécula responsável pela transmissão hereditária. No entanto, até meados do século XX, se acreditou que as moléculas das proteínas eram as mais complexas que existiam, e, portanto, as responsáveis pela herança dos genes. Essa citação de fonte secundária foi contextualizada na aula de discussão sobre a construção social do DNA (aula posterior ao questionário, Grupo 2).

Poderíamos nos aprofundar na codificação “Evolução do DNA” (G₁Q₄MutaçãoEPC₁), e compreendê-la como complicações no Estilo de Pensamento. Schäfer e Schnelle (2010) e Massoni e Moreira (2015), de acordo com a epistemologia fleckiana, afirmam que existem duas fases na ciência. Uma normal (ou clássica), em que somente os fatos que se encaixam no sistema de pensamento são percebidos. E, a outra, uma fase de exceções que podem ultrapassar o número de casos regulares e proporcionar uma mutação, ou uma transformação. Esta,

chamamos de complicações no Estilo de Pensamento. Poderíamos defini-la ainda, como a “Emergência de um Fato Científico”, ou seja, quando Watson e Crick (1953) publicaram a estrutura da dupla hélice e modificaram o modo como o Coletivo de Pensamento concebia a complexidade do DNA. Por consequência, acarretou mudança no Estilo de Pensamento, e no modo como este Coletivo percebeu o Fato Científico.

Os estudantes não identificaram o termo epistemológico referente a Emergência de um Fato Científico ou complicações no Estilo de Pensamento, visto seus graus de complexidades, em especial para estudantes do Ensino Médio. No entanto, podemos citar um elemento da Natureza da Ciência que se destacou no QUADRO 17 e que, possivelmente, fez muito sentido para os estudantes, a saber: A provisoriação do conhecimento científico. Esse elemento, pode ser explicado como o conhecimento não definitivo, sujeito à revisão, às críticas e reformulações, conforme as complicações no Estilo de Pensamento (semelhante as crises na ciência na perspectiva kuhniana). Isso reflete na natureza dinâmica da ciência, uma vez que podem ocorrem refutação ou reconstrução de teorias, até mesmo ampliações do conhecimento científico. A noção sobre a provisoriação do conhecimento auxilia na compreensão de que a ciência é um processo histórico e social e não apenas um conjunto de respostas prontas.

Em termos epistemológicos, a “Emergência de um Fato Científico” sugere o início de um novo objeto de pesquisa dentro do Estilo de Pensamento, ocasionando alteração nas conexões (ou acoplamentos) do Fato Científico. Como desdobramento, pode nascer uma nova ciência. No exemplo de Fleck (1979, 1980, 2010), a Reação de Wassermann indicou o nascimento de uma nova ciência, a saber: a sorologia. No caso do episódio do DNA, mudou-se o Fato Científico para aquele Coletivo de Pensamento, ao considerar maior complexidade na estrutura do DNA e não mais nas proteínas, dando espaço para a emergência de novas ciências, como a biologia molecular e a genética.

Ademais, apareceu o conceito kuhniano de paradigma associado ao conceito fleckiano de Mutação no Estilo de Pensamento, o qual codificamos como “Estrutura da ciência” (G₁Q₄MutaçãoEPC₂). A epistemologia de Kuhn (2011) não foi mencionada no desenvolvimento da sequência, exclusivamente a epistemologia de Fleck foi ensinada. Talvez, a menção de A₁₅: “**mudanças de paradigmas**

científicos" seja derivada de pesquisas realizadas pelo estudante em páginas da Internet, visto que a epistemologia kuhniana além de ser didática, é a mais divulgada no meio acadêmico, inclusive na HFC, como sugerido em Condé (2023). Outros conceitos kuhnianos que apareceram nas respostas adiantes foram "quebra-cabeça" (em Coletivo de Pensamento) e revolução na biologia (em Fato Científico).

De maneira minoritária, a "Concepção empírico-indutivista" (G₁Q₄MutaçãoEPC₃) também apareceu nas respostas dos estudantes. Como exemplo, A₁₈ define Mutação no Estilo de Pensamento como "evolução constante da ciência ao longo do tempo e a capacidade de ajustar teorias **à luz de novas descobertas**". Aqui, o estudante traz a ideia de progresso científico, uma vez que, nesta compreensão, ao longo do tempo "novas descobertas" surgem e são capazes de se ajustarem as teorias, representando uma concepção não adequada de NdC, como a empírico-indutiva, que traz o papel neutro da observação (Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Em relação ao ensino tradicional de ciências, vale ressaltar o legado que Comenius (2001) deixou para a história da educação em ciências. Houve o fundamento do método empírico, baseado na observação da natureza para solidificação do conhecimento. Na pedagogia de Comenius, os estudantes deveriam dar ênfase à observação, já que haveria a compreensão de que a natureza estaria em constante progresso. Entretanto, a base do fundamento "a natureza está em contínuo progresso..." remete às visões pouco elaboradas sobre a dinâmica do trabalho científico, como, por exemplo, a visão estereotipada de crescimento linear de Gil-Pérez *et al.* (2001). Há também, críticas ao salvacionismo na ciência ditas por Auler e Delizoicov (2001), como progressistas na ciência.

Schäfer e Schnelle (2010) afirmam que na abordagem fleckiana há uma crítica ao pensamento do progresso, cuja potencialidade pode ser melhor explorada no Ensino de Ciências. De acordo com Cohen e Schnelle (1986), o progresso do conhecimento para Fleck refere-se ao desenvolvimento coletivo do Estilo de Pensamento, por meio do qual as pressuposições projetadas no objeto de conhecimento são deslocadas. O sentido de "progresso" diz respeito a mudança de saber, ou conhecimento, algo novo aparece e o que antes se sabia muda seus fundamentos por meio da inovação. Como no episódio do DNA existiu um deslocamento com relação ao objeto de pesquisa do Coletivo e Estilo de

Pensamento, o conhecimento sobre a dupla hélice e complexidade do DNA permitiu uma inovação na ciência do século XX. Essa compreensão sobre avanço na ciência foi apontada nas Questões 1 e 2.

A seguir, estão relacionadas respostas a Questão 4 (G1Q4.CPC1C₂): Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?". A interpretação dos estudantes quanto a categoria a *priori* "Coletivo de Pensamento", está apresentada no QUADRO 18.

QUADRO 18 - Análise do Coletivo de Pensamento na História do DNA (G1Q4CPC1C₂)

Categorias <i>a priori</i>	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Coletivo de Pensamento	Conjunto de valores, regras, normas. Pode ser sociedades e grupos de pesquisa.	<p>D1: "um coletivo de pensamento existe sempre que duas ou mais pessoas trocam ideias".</p> <p>D₂: "vários cientistas estudaram e criaram modelos que serviram de inspiração um para os outros até chegar em um modelo agradável".</p> <p>D₇: "Existem mais de duas /pessoas que discutem seus argumentos".</p> <p>D₉: "Comunidade de cientistas, pesquisadores".</p> <p>D₁₀: "o DNA não foi estudado apenas por uma pessoa, foi teorizado e modelado por várias ideias diferentes".</p> <p>B₁₂: "os conceitos fleckianos como a coletividade de pensamento e a influência social na construção do conhecimento científico podem ser percebidos na história do DNA".</p> <p>B₁₄: "são várias pessoas (como físico, biólogos) dividindo a mesma pesquisa".</p> <p>B₂₀: "pensamento coletivo entre todos os cientistas para elaborar o modelo".</p> <p>A₃: "Na história do DNA foi evidenciado pela colaboração de diferentes cientistas. A pesquisa de Rosalind Franklin e as discussões entre Watson e Crick".</p> <p>A₅: "colaboração entre cientistas como Watson, Crick, Wilkins e Franklin. Ideias foram compartilhadas e integradas na busca pela estrutura do DNA".</p> <p>A₆: "ideia de que o conhecimento científico é construído por meios de influências mútua entre cientistas".</p> <p>A₁₂: "os cientistas estavam se juntando e juntando seus conhecimentos".</p> <p>A₁₄: "ideias foram compartilhadas e integradas na busca pela estrutura do DNA".</p> <p>A₁₅: "A história do DNA demonstra que a descoberta da estrutura da dupla hélice não foi um feito isolado. Vários cientistas, como Watson, Crick, Franklin, Wilkins e outros contribuíram com peças essenciais para o quebra-cabeça".</p> <p>D₄: "Comunicações científicas na forma de conceitos e paradigmas".</p>	C ₁ Atividade Coletiva na Ciência
			C ₂ Estrutura da ciência

FONTE: Autoria própria (2025).

Qualitativamente, compreendemos que o caráter sociológico da pesquisa científica foi percebido pelos alunos que mencionaram exemplos sobre o CP do DNA. Assim, identificamos a “Atividade Coletiva na Ciência” (G₁Q₄CPC₁).

Em concordância, Fleck (1979, 1980, 2010) parte da suposição de que a teoria do conhecimento individualista conduz apenas a uma concepção fictícia e não adequada do conhecimento. De acordo com a epistemologia fleckiana, no trabalho científico há uma estrutura sociológica e as convicções que unem os cientistas vão além das convicções empíricas e especulativas dos indivíduos.

Fleck (1979, 1980, 2010) destaca ainda, que toda atividade científica é uma atividade coletiva. Ademais, aquilo que pensa o cientista não o pensa sozinho, pois é guiado conforme o Estilo e Coletivo de Pensamento que o constitui.

De acordo com Schäfer e Schnelle (2010), Fleck não diminui cada contribuição individual, daqueles que participam de uma pesquisa científica. No entanto, os indivíduos sozinhos não são os legítimos portadores da ciência. A construção do conhecimento pertence a “atmosfera social”, até mesmo o Fato Científico pertence ao Estilo de Pensamento e é determinado por ele, por meio das relações sociológicas. Mesmo que cada pesquisador tenha suas motivações pessoais, a pesquisa científica é sempre coletiva.

Os estudantes conseguiram interpretar que a pesquisa científica é um trabalho coletivo. Assim, classificamos tal entendimento com a codificação “Estrutura da ciência” (G₁Q₄CPC₂). Houve explicação da estrutura da ciência com uso de conceitos da epistemologia kuhniana, tais como “paradigma” e “peças essenciais para o quebra-cabeça”. Detalhadamente, A₁₅ menciona que “a história do DNA demonstra que a descoberta da estrutura da dupla hélice não foi um feito isolado. Vários cientistas, Watson, Crick, Franklin, Wilkins e outros, contribuíram com peças essenciais para o quebra-cabeça”. Mesmo com o uso do termo “descoberta”, o estudante menciona que esse evento não foi um feito isolado, pois recebeu participação de vários cientistas, cada um com sua contribuição. Há ainda, a ideia que cada pesquisador contribui do seu jeito e as contribuições individuais ajudam a solucionar o todo. No entanto, não podemos nos esquecer que Kuhn ([1962], 2011) utilizou e interpretou o referencial fleckiano tendo como base o modelo de ciência “física”, sob perspectiva revolucionária, a qual se distingue da perspectiva fleckiana, de matriz biológica com base na evolução (Condé, 2005, 2018). Contudo, há nos

conceitos de “peças” e “quebra-cabeça” o princípio do trabalho sociológico na ciência, ideia de que Kuhn ([1962], 2011) alegou ter sido alertado por Fleck (1979, [1935] 1980, 2010).

Lembrando que a epistemologia kuhniana não foi ensinada na Sequência. Então, como os estudantes souberam dos conceitos de Kuhn? Possivelmente, utilizaram seus dispositivos telemóveis (celulares) para buscarem as respostas. Esse item é proibido em sala de aula atualmente, mas ainda não havia sido promulgado o decreto nº 12.385/2025, que restringiu o uso de aparelhos eletrônicos portáteis nas escolas na ocasião das aplicações destas aulas.

Em seguida, estão relacionadas as respostas a Questão 4 (Grupo1): “Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?”. A ênfase dada se refere a categoria *a priori* “Fato Científico” e está mostrada no QUADRO 19.

QUADRO 19 - Análise de Fato Científico na História do DNA (G₁Q₄FATOCIENTIFICOC₁C₂)

Categorias a <i>priori</i>	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Fato Científico	Objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Acoplamento ativo e passivo. No episódio do DNA, ocorre a emergência de um Fato Científico.	A ₁ : “ A estrutura do DNA como fato científico central”. A ₂ : “ Ácidos nucleicos e proteínas ”.	C ₁ Conceitos científicos
		A ₁₅ : “ Revolução da Biologia o modelo de Watson e Crick para a ciência”.	C ₂ Estrutura da ciência

FONTE: Autoria própria (2025).

A categoria *a priori* menos interpretada pelos estudantes foi Fato Científico (G₁Q₄FatoCientificoC₁C₂). Todavia, ainda que os estudantes não tenham associado “Fato Científico” como objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento em expressões epistemológicas, exemplos destes conceitos foram interpretados no documento de fonte primária. Nesse sentido, em termos práticos, os estudantes realizaram interpretações de “conceitos científicos”, envolvidos no EH. Como exemplos, “Estrutura do DNA”, “Função do DNA” e “Genética”, correspondentes as Questões 1 e 2.

Quando percebido, o Fato foi colocado como “Conceitos científicos” (G₁Q₄FatoCientificoC₁), ou seja, a Estrutura do DNA (a dupla hélice), o objeto central deste EH. Houve ainda, a menção de ácidos nucleicos e proteínas, como exemplos

de Fato Científico. Dessa maneira, foi identificado um objeto de pesquisa para Watson e Crick e um para Linus Pauling.

A interpretação do conceito de “Emergência de um Fato Científico”, não foi percebida pelos estudantes. Entretanto, definimos a codificação “Estrutura da ciência” ($G_1Q_4FatoCientificoC_2$), por causa da resposta de A₁₅, que trouxe o conceito kuhniano de “revolução científica”.

Em paralelo, o significado de “revolução” nos traz uma ideia conceitual semelhante à de Emergência de um Fato Científico. Podemos explicar o modelo de Watson e Crick (1953) para a ciência como uma “revolução”. Como? James Watson, conseguiu perceber a complexidade do DNA antes dos cientistas mais experientes. Tal acontecimento ocorreu porque Watson era novato no “Estilo de Pensamento Químico”, sem raízes predeterminadas na compreensão das estruturas moleculares. Já para químicos e físicos experientes, como Linus Pauling, Corey, Bragg (orientador de Francis Crick), o sistema de pensamento estava persistente às mudanças, por esta razão não conceberam à ideia de complexidade do DNA.

Essa percepção não foi descrita pelos estudantes, exceto pela visão kuhniana. Provavelmente, porque o texto base que utilizaram para interpretar esses conceitos fleckianos foi uma fonte primária, ciência especializada, e não uma fonte secundária, específica para a ciência escolar. Desse modo, os estudantes estão mais acostumados a perceber as etapas do método científico e compreender questões empíricas.

Quanto à Questão 4 (Grupo1): “Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na História do DNA?”. As breves percepções dos estudantes referentes a categoria *priori* “Harmonia das Ilusões” se encontram no QUADRO 20.

QUADRO 20 - Análise da Harmonia das Ilusões na História do DNA ($G_1Q_4HarmoniadassilusõesC_1$)

Categoria <i>s a priori</i>	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Harmonia das Ilusões	Raízes numa teoria (ou num Estilo de Pensamento). Impede a percepção e um novo Estilo de Pensamento.	A ₁ : “Uma mente fechada para as próprias teorias”. A ₂ : “onde um sistema de ideias relativamente eficaz promove uma intrínseca harmonia do estilo de pensamento”. B ₅ : “Por exemplo: um químico que não está aberto para novas teorias ou novas experiências. Acredita verdadeiramente em algo”.	C ₁ Sistema de pensamento fechado

FONTE: Autoria própria (2025).

A categoria *a priori* “Harmonia das Ilusões” (G₁Q₄HarmoniadasIlusoesC₁), também foi pouco percebida pelos estudantes. Aproximadamente, 65% dos estudantes (22 entre 34) escreveram que não conseguiram encontrar tal categoria e a deixaram sem preencher. Possivelmente, porque buscaram exclusivamente as mesmas expressões no texto do artigo de Watson e Crick (1953). No EH do DNA, quem esteve em meio a Harmonia das Ilusões foi o químico Linus Pauling, o qual insistiu na complexidade das proteínas e não no DNA. A exemplificação de B₅ traz à lembrança da participação de Linus Pauling na História do DNA, contudo sem o mencionar. Ainda assim, houve uma percepção conceitual de Harmonia das Ilusões no referido EH.

As demais unidades de contexto fazem menção conceitual sobre Harmonia das Ilusões, por sua definição, conforme QUADRO 9. Dessa forma, a codificação foi chamada de “Sistema de pensamento fechado” (G₁Q₄HarmoniadasIlusoesC₁), visto que Fleck (2010) explica a Harmonia das Ilusões como uma concepção que penetra no sistema de pensamento fechado e qualquer contradição parece ser impensável.

Ademais, Massoni e Moreira (2015) explicam que existem as cinco etapas da persistência do pensamento, de acordo com Fleck (1979, 1980, 2010). Primeiro, ocorre o sistema de pensamento mais fechado. Segundo, apenas fatos que se encaixam perfeitamente no sistema são notados. No entanto, quando surgem desafios, complicações, que escapam à capacidade explicativa do sistema, o número de exceções pode impulsionar mudanças, transformações. Em terceiro, aquilo que não cabe no sistema é silenciado. Em seguida, por um momento os cientistas tentam (re)interpretar a inovação, adequando-o ao Estilo de Pensamento vigente. E, por último, há o pensamento mais plausível para mudança, existindo uma predisposição para agir e sentir de acordo com o Estilo de Pensamento.

Na Questão 4 (Grupo 1): “Quais aspectos da epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na História do DNA?”, os discentes tiveram as opções: 1) preencher exemplos ou definições dos conceitos fleckiano (de acordo com as categorias *a priori*); e/ou 2) escrever em formato de questão aberta, os aspectos da Natureza da Ciência percebidas no EH. Desse modo, alguns estudantes preferiram escrever a respeito da NdC. Tais percepções estão apresentadas no QUADRO 21.

QUADRO 21 - Análise de Aspectos da NdC, na História do DNA (G₁Q₄NdCC₁C₂C₃C₄)

Categorias a <i>priori</i>	Critérios de análise	Unidade de contexto	Codificação
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pensamentos, de valores, regras, normas. Pode ser a comunidade científica, sociedades ou grupos de pesquisa.	A ₁₇ : “Influência das comunidades científicas na forma de ideias”. A ₂₁ : “Influência mútua entre os cientistas”. A ₂₂ : “Influência das comunidades”. D ₅ : “construção social do conhecimento científico”.	C ₁ Atividade coletiva na ciência
Caráter histórico e provisório	Importância do percurso histórico. Evolução do conhecimento.	D ₆ : “natureza dinâmica da ciência, com ideias sendo revisadas e refinadas ao longo do tempo”. C ₂ : “Construção gradual do conhecimento científico, a influência de diferentes abordagens e teorias concorrentes bem como a importância da colaboração entre cientistas e revisão por pares para o avanço do entendimento científico”.	C ₂ Construção do conhecimento
Controvérsias científicas	Conceito kuhniano de paradigma = “regras e pressupostos partilhados por um grupo científico” (Kuhn, 2011, p. 122).	D ₄ : “Influências das crenças e paradigmas científicos na construção do conhecimento”.	C ₃ Estrutura da ciência
Gestalt	Percepção direcionada ao objeto/fato; Relação não binária, terceiro elemento, o estado do conhecimento. Teoria orienta a observação.	B ₃ : “podemos perceber aspectos da epistemologia de Fleck, como a influência social e cultural na construção do conhecimento científico bem como a natureza dinâmica da ciência em constante evolução e revisão do conceito à medida que novas evidências e descobertas surgem”. B ₅ : “Ideia de evolução do pensamento. Exemplo: conforme passar do tempo a forma de pensamentos, as percepções mudam e evoluem conhecimentos, compreensões que antes não existiam e agora existem. Essas descobertas vão aparecendo gradualmente ”. B ₆ : “Natureza da ciência como um processo colaborativo, baseado em evidências, como o acúmulo de conhecimento”. B ₁₂ : “método científico”.	C ₄ Concepção empírico-indutivista

FONTE: Autoria própria (2025).

Em relação ao QUADRO 21, consideramos que os estudantes refletiram duas concepções consideradas adequadas sobre a NdC, de acordo com a perspectiva fleckiana.

Na primeira, a identificamos como “Atividade coletiva na ciência” (G₁Q₄NdCC₁). Dos exemplos, podemos observar que o conceito de CP foi interpretado pelos estudantes como as influências mútuas ou trocas entre cientistas, e, até mesmo, as trocas entre as comunidades científicas. Houve um (re)conhecimento sobre a construção social da produção científica.

A segunda concepção, refere-se a importância do caráter histórico e provisório na ciência e a codificamos como “Construção do conhecimento” (G₁Q₄NdCC₂).

Exemplificando: D₆ explicou aspectos da NdC como a **“natureza dinâmica da ciência, com ideias sendo revisadas e refinadas ao longo do tempo”** e C₂ comentou sobre a **“construção gradual do conhecimento científico, a influência de diferentes abordagens e teorias concorrentes** bem como a importância da colaboração entre cientistas e revisão por pares para o **avanço** do entendimento científico”.

Na primeira explanação, D₆, é possível identificar compreensões do caráter histórico e provisório da ciência, uma vez que existe a menção de que o conhecimento é reformulado ao longo do tempo. Já no segundo comentário, C₂, há um sentido ambíguo para “avanço”, como analisado nas questões anteriores. Se por um lado o trecho **“construção gradual do conhecimento científico[...]**” se refira a evolução do conhecimento, tal como um processo lento e gradativo, e, portanto, contemplando a NdC sob olhar fleckiano, a expressão “[...] para o **avanço** do entendimento científico”, pode estar associada às ideias equivocadas de “avanço” como progresso científico e como visão acumulativa e linear da ciência, arduamente criticadas por Auler e Delizoicov (2001) e por Gil-Pérez *et al.* (2001), respectivamente.

Na perspectiva fleckiana, o avanço na ciência pode ser interpretado com sentido análogo à evolução, como processo em construção, podendo ser sinônimo de inovação, quando há o deslocamento do Estilo de Pensamento. Dessa forma, é importante a mediação dos professores para direcionar discussões sobre as concepções adequadas ou não, do trabalho científico. Por isso, se faz necessário o estudo de epistemologia da ciência, para que os docentes consigam adotar um posicionamento epistemológico e principalmente, dialogar sobre concepções de ciência no ensino.

Em “Estrutura da ciência” ($G_1Q_4NdCC_3$), houve um entendimento adequado de NdC relacionado ao conceito kuhniano de “paradigma”, mesmo sem a presença da epistemologia fleckiana. Neste caso, D_4 sugere as “influências das crenças e **paradigmas** científicos na construção do conhecimento”, que podem equivaler às teorias científicas concorrentes, ou rivais, que acabam por gerar as controvérsias científicas. Claro, essa conclusão não está expressa no trecho mencionado, é apenas desdobramentos de significados para a nossa codificação.

Por fim, em “Concepção empírico-indutivista” ($G_1Q_4NdCC_4$), identificamos uma concepção não adequada sobre a NdC nas respostas dos estudantes. Os pressupostos da concepção empírico-indutivista puderam ser percebidos nas seguintes citações: 1) em B_3 são comentadas que as “[...] novas evidências e **descobertas surgem**”; em B_5 há explicação de que “[...] **Essas descobertas vão aparecendo gradualmente.**”; já B_6 comenta a “natureza da ciência como um processo colaborativo, baseado em **evidências**, como o **acúmulo de conhecimento**” e B_{12} comenta o “**método científico**” como definição de NdC.

Assim, cabe orientação aos estudantes que o conhecimento não surge ao acaso. Antes, os cientistas realizam um trabalho árduo de estudos, investigações, com possíveis trocas de ideias. Porventura, os cientistas podem utilizar a criatividade, crenças pessoais e a intuição, como bem colocado por Fleck (1979, 1980, 2010), ao discutir a respeito da “descoberta” da Reação de Wassermann. No entanto, os cientistas pesquisam e buscam o conhecimento. Nesse sentido, a epistemologia de Fleck nos auxilia, também, a desmistificar o papel neutro da observação e às concepções pouco reflexivas sobre NdC, como a empírico-indutivista ingênuas.

A crítica de Fleck (2010) ao neopositivismo reflete na questão ao “método científico”, pois na observação do indutivista há a contemplação de fenômenos e registro de maneira neutra. No entanto, na perspectiva fleckiana a observação nunca é imparcial porque para haver uma interpretação é necessária uma teoria, que orienta o olhar do pesquisador, a percepção direcionada, a *Gestalt*. Dessa maneira, a observação de um fato ou fenômeno depende diretamente do Estilo de Pensamento ao qual pertence o pesquisador.

Apesar de haver indícios da concepção empírico-indutivista entre os estudantes, a utilização do conceito Coletivo de Pensamento para explicar a NdC trouxe sentido para desmistificar a visão elitista e individualista da ciência, uma vez

que os estudantes conseguem escrever sobre o caráter coletivo da pesquisa científica.

6.2.1.1 Categorias do Episódio Histórico do DNA

Considerando o problema de pesquisa “Como o estudo do EH do DNA, com base na epistemologia de Fleck, pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência?”, nosso propósito neste EH foi levar os alunos a refletirem sobre a NdC. Quiçá, mais especificamente, sobre a construção social da atividade científica, a construção do conhecimento científico e o funcionamento da ciência.

Os conceitos de Fleck (1979, 1980, 2010), tais como Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento, além de outros mais perceptíveis neste EH, como a Emergência de um Fato Científico, Mutação no Estilo de Pensamento e Harmonia das Ilusões, foram cuidadosamente explicados, de modo que os alunos conseguissem identificá-los durante desenvolvimento da SD.

Todavia, vale ressaltar que os estudantes possuem conhecimentos prévios em relação a ciência, os quais possivelmente são marcados pelo Ensino Tradicional, que tem em sua essência a concepção empírico-indutivista. Portanto, não basta apenas apresentar o EH e falar dos conceitos fleckianos, esperando que os alunos consigam relacioná-los. É preciso trabalhar fortemente com a problematização dessa História da Ciência, ancorada nessa tradição pouco reflexiva sobre a construção do conhecimento. O que tem sido largamente discutido nas pesquisas da área de Ensino de Ciências, que apontam para vários problemas neste ensino decorrentes da concepção empírista ingênua, tais como Matthews (1995, 2012), Gil-Pérez *et al.* (2001), Cachapuz *et al.* (2001, 2005), Lederman *et al.* (2002), entre outros.

Corroborando essa afirmação, encontramos em Souza e Aires (2024d), um estudo sobre como são abordadas as atividades experimentais presentes nos livros didáticos de química, avaliados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018. Nesta pesquisa, quatro das seis coleções apresentam concepção empírico-indutivista nos experimentos, onde a metodologia utilizada contempla o “método científico” e a observação neutra como fundamento para produzir ciência.

Experimentos com base empírica reforçam concepções de ciência pouco reflexivas sobre o trabalho científico.

Além disso, no Ensino de Ciências, geralmente, não é dado ênfase as abordagens de História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). Até mesmo os livros didáticos acabam por usar uma história da ciência simplificada e por vezes anedóticas. É o exemplo de Souza, Lorenzetti e Aires (2020) que ao analisarem a temática Ligações Químicas nos livros do PNLD de 2018, verificaram abordagens de HFSC simplificada em formato de “boxes”, separadas dos textos de conteúdos químicos. Neste caso, havia também pouca Educação CTS. Para além, os livros didáticos possuíam uma tendência ao Ensino Tradicional de Ciências, contendo os produtos da ciência, ao invés de processos de construção do conhecimento.

Em contrapartida, a epistemologia fleckiana tem potencialidades para um Ensino de Ciência/Química que se opõe à estas visões empírico-indutivistas, uma vez que pode promover um ensino mais reflexivo sobre NdC.

A epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010), de acordo com Souza e Aires (2019), direciona a compreensão da ciência como construção social, visto o trabalho colaborativo entre a comunidade científica. Ademais, o cientista não interpreta “fatos” sozinho, uma vez que é influenciado pelo Coletivo e Estilo de Pensamento que orientam a percepção cognitiva do pesquisador sobre o Fato Científico.

Dessa maneira, algumas questões destacadas para pensar sobre a NdC no EH do DNA são: 1) a ciência possui caráter coletivo; 2) os cientistas utilizam conhecimentos anteriores para elaborar um novo conhecimento; 3) o conhecimento científico é construído de maneira interdisciplinar. Dessa forma, por meio da possibilidade de trocas mútuas entre cientistas de diferentes áreas, consideramos que houve entendimento a respeito do conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento. No entanto, o Estilo de Pensamento foi compreendido como um modo empírico para realizar a ciência. Todavia, a epistemologia fleckiana nos ajudou a trilhar caminhos para desmistificar concepções pouco reflexivas sobre a NdC, como a concepção individualista e elitista e a concepção socialmente neutra da ciência.

A partir destas premissas, interpretamos que os estudantes compreenderam a ciência como um trabalho coletivo, colaborativo entre cientistas, onde conhecimentos anteriores são utilizados para formalizar uma nova teoria. Estas interpretações foram procedentes das codificações apresentadas por meio da

Análise de Conteúdo, de semântica temática-categorial. Desse modo, as categorias são: 1) Construção social da ciência; 2) Construção do conhecimento científico e 3) Funcionamento da ciência.

Em relação a categoria 1) Construção social da ciência, as codificações definidas na seção 6.2.1 foram agrupadas por significados semelhantes. Assim, a categorização foi proveniente da Questão 3 com o código “Ciência coletiva” ($G_1Q_3C_1$) e da Questão 4 com ênfase a categoria *a priori* Coletivo de Pensamento, sob código “Atividade coletiva na ciência” ($G_1Q_4CPC_1$), bem como em relação aos aspectos da Natureza da Ciência, cujo código também foi “Atividade coletiva na ciência” ($G_1Q_4NdCC_1$).

Ainda proveniente da Questão 4, a categoria dedutiva Estilo de Pensamento trouxe o código “Estilo Químico de Pensar” ($G_1Q_4EPC_1$). A característica principal deste agrupamento faz referência a atividade sociológica na construção do pensamento científico. Tal categorização, está apresentada na FIGURA 13.

FIGURA 13 - Categoria 1: Construção social da ciência



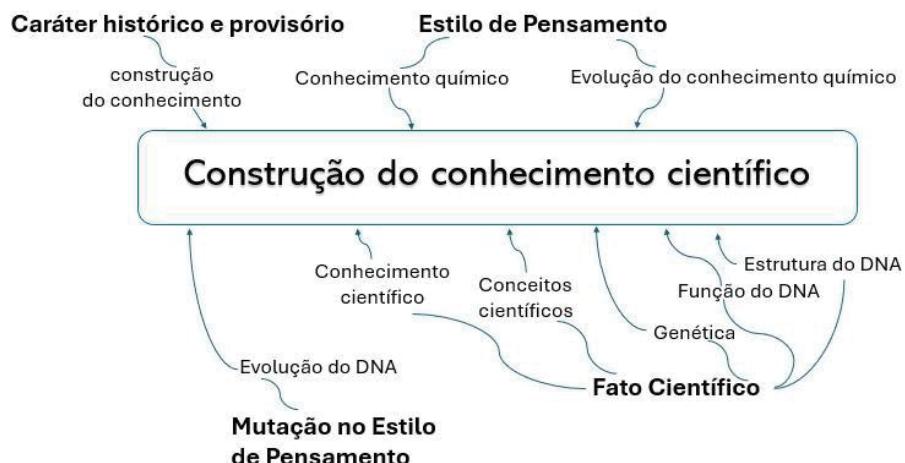
FONTE: Autoria própria (2025).

Os estudantes associaram Estilo de Pensamento como forma de pensar o conceito científico, no qual importa a formação científica de quem o produz. Assim, “os pressupostos químicos”, citado no artigo clássico de Watson e Crick (1953), são identificados como o método para formação conceitual. Ou, ainda, o conhecimento necessário para construção de novos conceitos científicos/químicos, como num processo evolutivo (talvez progressista).

Quanto à categoria 2) Construção do conhecimento científico, as codificações agrupadas com significados semelhantes foram provenientes da categoria *a priori* Fato Científico: da Questão 1 sob códigos “Estrutura do DNA” (G₁Q₁C₁) e “Função do DNA” (G₁Q₁C₂); da Questão 2 com código “Genética” (G₁Q₂C₁); da Questão 3 com código “Conhecimento científico” (G₁Q₃C₂) e Questão 4 com “Conceitos científicos” (G₁Q₄FatocientíficoC₁).

Da categoria *a priori* Estilo de Pensamento, foram provenientes as codificações “Conhecimento químico” e “Evolução do conhecimento químico” (G₁Q₄EPC₂), relativos à Questão 4. Já da categoria *a priori* Mutação no Estilo de Pensamento foi proveniente a codificação “Evolução do DNA” (G₁Q₄MutacaoEPC₁). Quanto aos aspectos da NdC sob olhar fleckiano, foi considerado o Caráter histórico e provisório, cuja codificação obtivemos a “Construção do conhecimento” (G₁Q₄NdCC₂). O cerne do significado deste agrupamento faz referência aos conceitos científicos. A segunda categoria está apresentada na FIGURA 14.

FIGURA 14 - Categoria 2: Construção do conhecimento científico

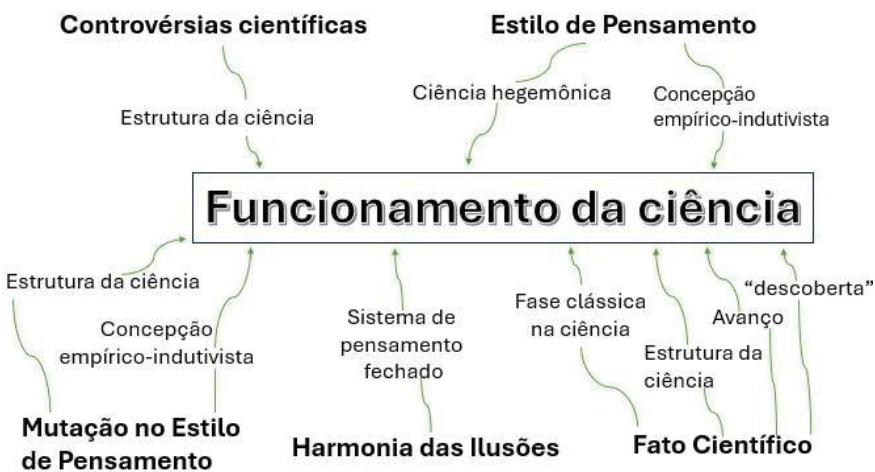


FONTE: Autoria própria (2025).

Os estudantes conseguiram identificar quais os conceitos científicos estão citados na fonte primária, tais como “Estrutura do DNA”, “Função do DNA”, “genética” e “conhecimento químico”. Contudo, não realizaram a interpretação sobre a Emergência de um Fato Científico, o que explicaria a eminência de um novo Estilo de Pensamento. Talvez, o Estilo de Pensamento para os estudantes esteja associado ao método para se realizar ciência, usado de maneira individual. Ou seja, um modo de se pensar ao observar um fato/fenômeno. Dessa maneira, houve a

codificação “concepção empírico-indutivista” e “ciência hegemônica”, isto é, a ciência dominante com coerção de pensamento, pois utiliza um método predominante. Essas codificações contribuiram para classificação da terceira categoria, 3) Funcionamento da ciência, mostrada na FIGURA 15.

FIGURA 15 - Categoria 3: Funcionamento da ciência



FONTE: Autoria própria (2025).

A expressão “funcionamento” traz a perspectiva de Fleck (1979, 1980, 2010), uma vez que a sua teoria do conhecimento dialoga de maneira análoga as leis naturais, isto é, um organismo nasce, cresce, se reproduz e morre (ou se transforma). Assim, o conhecimento está inserido num sistema de funções, como numa tentativa para explicar sua construção. Nesse sentido, podemos citar a fisiologia do conhecimento, seu funcionamento e movimentos, além disso a utilização das palavras “mutação” e “evolução” são provenientes da matriz biológica. Essa é a diferenciação da perspectiva de Kuhn (2011), que comprehende a ciência a partir do modelo físico/matemático, sob óptica de revolução científica. Ou seja, uma maneira de explicar o conhecimento tendo como base a estrutura mecânica da matéria.

Houve a presença da codificação “estrutura da ciência” para explicar como ocorre a formação do conhecimento (como a ciência funciona). Este código, por sua vez, foi escrito pelos estudantes a partir de três categorias *a priori*: Fato Científico, Mutação no Estilo de Pensamento e controvérsias científicas, relacionado a NdC. Em Fleck (2010), o Fato Científico é entendido por aquelas percepções que se experimentam como coerção decorrente do Estilo de Pensamento, isto é, a forma

Gestalt a ser percebida de modo imediato. Logo, Fato e Estilo estão intrinsecamente relacionados, ambos precisam ser reformulados a partir dos requisitos do Coletivo de Pensamento. Se os estudantes compreenderam o Estilo de Pensamento como o método para se realizar ciência, o Fato estará relacionado ao método também. Os estudantes perceberam o Fato Científico como os exemplos de conceitos e conhecimentos científicos, ou seja, os produtos da ciência. Por essas razões, questões como avanço na ciência e “descoberta” de fatos estiveram presentes nessas codificações.

O Fato Científico para Fleck (1979, 1980, 2010) possui profundidade epistemológica e ontológica (como mencionado na seção 2.4). Desse modo, é mais didático interpretá-lo como a construção do objeto de pesquisa dentro de um Estilo e Coletivo de Pensamento, e associá-los ao conhecimento científico. Da concepção fleckiana, o Fato Científico é explicado a partir da junção de acoplamento ativo e passivo do saber. Em certa medida, estes conceitos protegem a teoria do conhecimento fleckiano, porque esta pode ser relativista. Assim, analisa-se o Fato conforme sua natureza, mas não há verdades absolutas, pois dependendo do Coletivo e Estilo de Pensamento, os acoplamentos podem ser alterados. Em outras palavras, para Fleck tanto o pensamento humano quanto os Fatos não são fixos.

No entanto, para o empirista ingênuo o Fato é fixo, pois no pensamento científico hegemonic o Fato é fixo, pois no pensamento científico hegemonic as etapas do “método científico” produzem resultados precisos. Mais um motivo do porquê consideramos que os estudantes interpretaram Estilo de Pensamento como o método para realizar ciência, já que houve a codificação “ciência hegemonic” associado ao conceito de Estilo. Além disso, a epistemologia fleckiana tem as relações entre o sujeito, o coletivo e a realidade objetiva (algo a ser conhecido – o estado do conhecimento).

⁵²Apesar de consistir em indivíduos, o coletivo de pensamento não é a simples soma deles. O indivíduo nunca, ou quase nunca está consciente do estilo de pensamento coletivo que, quase sempre, exerce uma força

⁵²Obwohl das Denkkollektiv aus Individuen besteht, ist es nicht deren einfache Summe. Das Individuum hat nie, oder fast nie das Bewusstsein des kollektiven Denkstiles, der fast immer einen unbedingten Zwang auf sein Denken ausübt und gegen den ein Widerspruch einfach undenkbar ist (Fleck, 1980, p. 56-57).

Although the thought collective consists of individuals, it is not simply the aggregate sum of them. The individual within the collective is never, or hardly ever, conscious of the prevailing thought style, which almost always exerts an absolutely compulsive force upon his thinking and with which it is not possible to be at variance (Fleck, 1979, p. 41).

coercitiva em seu pensamento e contra a qual qualquer contradição é simplesmente impensável (Fleck, 2010, p. 84).

Dessa maneira, ao afirmar que o portador do saber é um coletivo organizado que supera as habilidades individuais, Fleck (1979, 1980, 2010) traz a perspectiva de construção do conhecimento científico e seu exemplo é a Reação de Wassermann, o acoplamento ativo do Fato, enquanto a sífilis é o acoplamento passivo.

Em relação à “descoberta”, por meio da epistemologia fleckiana refletimos que a ciência é um esforço humano, uma vez que existe o uso de crenças pessoais, intuição, criatividade para produção científica. Assim, Fleck (1979, 1980, 2010) explica a questão da “descoberta” na Reação de Wassermann, pois existiu uma obstinação, um saber popular a respeito da alteração sifilítica do sangue. Desse modo, Wassermann e colaboradores usaram o saber popular para resolução da doença de cunho imoral. Como resultado, produziram uma metodologia de reprodução do teste para diagnóstico da sífilis, cujos resultados foram bem-sucedidos, originando inclusive a sorologia. No entanto, “descobertas” para Fleck não são obras do acaso, miraculosas, mas sim usos de recursos não lógicos para resolução de problemas. Esta reflexão sobre a NdC que podemos dialogar no Ensino de Ciências/Química sobre a “descoberta de Fatos Científicos”.

A “descoberta” colocada pelos estudantes do Ensino Médio teve sentido de concepção pouco reflexiva da ciência, sendo considerada uma concepção empírico-indutivista ingênua. No entanto, para desmistificar tal concepção torna-se interessante a ênfase de que “descobertas” não ocorrem por acaso.

Por exemplo, não foi por meio de obras milagrosas que Watson e Crick (1953) chegaram no conceito da dupla hélice. Pelo contrário, ambos buscaram pela estrutura do DNA, pois havia uma base de conhecimentos anteriores naquela época. Já existia o conhecimento sobre hereditariedade e havia rumores de que a molécula do DNA era complexa o suficiente para ser responsável pelo armazenamento e transmissão dos genes. De mesma forma, já havia a construção de modelos atômicos para explicar a estrutura de moléculas complexas. Além do conhecimento tecnocientífico, como a cristalografia de difração de raio-x, capaz de produzir dados empíricos com maior nitidez.

Outro princípio, que ocorreu na história do DNA, foi o fato de que Watson e Crick eram cientistas mais jovens e não estavam inseridos no sistema de

pensamento fechado para a complexidade dos ácidos nucleicos, os quais com apenas quatro bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina) formavam uma cadeia carbônica em formato de hélice. E, por isso, a publicação da dupla hélice surpreendeu cientistas mais experientes, que a consideraram uma “descoberta”.

Quanto ao avanço na ciência, de acordo com Schäfer e Schnelle (2010), essa concepção ainda não foi muito bem explorada na epistemologia fleckiana, como citado anteriormente nos quadros referentes as codificações de “avanço”. No entanto, pode ser compreendida quando ocorre um deslocamento do Estilo de Pensamento, como a eminência de um novo Estilo, o qual traz uma inovação para a ciência em si. Na questão da estrutura do DNA, houve o desdobramento de novos conhecimentos e de novas áreas na biologia. Tal perspectiva contribui para exemplificações da Natureza da Ciência sob olhar fleckiano.

6.2.2 GRUPO 2: TRANSCRIÇÃO DA AULA GRAVADA – DISCUSSÃO SOBRE A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA

A discussão em torno do EH do DNA correspondeu a última etapa da SD desta estrutura pedagógica (vide Quadro 6). Assim, apresentamos um desenvolvimento da análise epistemológica de Fleck (1979, 1980, 2010) na História da Ciência. Ou seja, interpretamos a História do DNA, por meio dos conceitos fleckianos. Nesse sentido, ao discutir sobre este episódio, tivemos como enfoque o ensino da construção social da ciência, bem como dos conceitos Coletivo e Estilo de Pensamento. Outros conceitos foram mencionados, tais como Mutação no Estilo de Pensamento, Fato Científico e Harmonia das Ilusões.

Em relação ao Coletivo de Pensamento, explicamos sobre a importância que o coletivo possui para tomadas de decisão, especialmente quando acontece a Emergência de um Fato Científico (isto é, a formação de um novo Estilo de Pensamento). Alguns cientistas da construção social do DNA estão apresentados na FIGURA 16.

FIGURA 16 - Fotos de cientistas da construção social do DNA



A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA

FONTE: OSU Libraries (s.d.).

LEGENDA: Contém retratos de alguns cientistas que participaram da construção social do DNA. Da esquerda para direita, a partir do canto superior está Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, Linus Pauling com Robert Corey, o modelo da estrutura da alfa-hélice e George Beadle com Linus Pauling. No meio, uma fotografia de cristalografia do DNA. Ao centro, há a apresentação da dupla hélice do DNA, por James Watson e Francis Crick. No canto inferior esquerdo, retrato de Miescher, o primeiro a extrair a nucleína (ainda não se chamava DNA no século XIX).

Nesse episódio, discutimos a respeito da construção social do DNA, a qual envolveu a contribuição de vários cientistas, além dos conhecimentos anteriores, que auxiliaram na construção do novo conhecimento: o modelo da dupla hélice do DNA. Questões como éticas na ciência, desigualdade de gênero, o descaso a Rosalind Franklin, puderam ser expostas durante abordagem da aula. E mais, foi possível discutir sobre aspectos da NdC como por exemplo, desmistificar a “descoberta” como obra do acaso. Nesse aspecto, um trecho da aula sobre a “descoberta de Fatos Científicos” está apresentado no QUADRO 22.

QUADRO 22 - Trecho da aula a respeito da "descoberta do DNA"

Pesquisadora assistente: E a gente diz “construção social” porque não foi simplesmente uma “descoberta”. A **descoberta** é algo assim: eu vou aqui e **descubro** um giz azul debaixo do apagador, eu vou ali e desvendo algo, descortino, esse é o significado de “**descoberta**”, mas na ciência as “**descobertas**” não são ao acaso, o cientista que está lutando por reconhecimento, ele está trabalhando, investigando, estudando, batalhando, ele está atrás daquele conhecimento, daquela molécula. Então, eles não **descobrem** as coisas assim do nada, a gente tem esse termo muito conhecido, muito forte nas aulas, mas não foi simplesmente ao acaso, ele estava indo atrás daquela complexidade da molécula do DNA.

FONTE: Autoria própria (2025).

Apesar de tanto esforço na elaboração e ministração da aula sobre discussão da construção social da ciência, com apresentação do contexto histórico, análise epistemológica dos fatos e diálogos para desmistificar falas do senso comum, como a questão da “descoberta” e dos “erros” nas ciências, os estudantes permaneceram mais passivos quanto a participação na aula. Podemos associar essa passividade ao modelo de ensino tradicional, onde o professor, doador do conhecimento, “transmite” os conteúdos científicos aos seus alunos, os receptores.

Quanto ao ensino sobre a construção social do DNA, seguimos a mediação com embasamento em Fleck (2010).

Partindo-se do princípio fleckiano que todo trabalho científico é um trabalho coletivo, conversamos em aula que o conhecimento científico é uma construção coletiva, social. Desse modo, o pesquisador não descobre Fatos Científicos por acaso, como se estivesse desvelando algo. Antes, houve contribuições de diversos cientistas que participaram de algum modo para formação do estado do conhecimento de determinado Fato, e assim foi explicado no desenvolvimento da SD.

Vale ressaltar, que Fleck (1979, 1980, 2010) abre a possibilidade de que algo fora do padrão científico ocorra na “descoberta de um Fato Científico”. Assim foi na Reação de Wassermann, um pressuposto equivocado possibilitou a reprodução de testes válidos para a sífilis, incluindo o nascimento de uma nova ciência: a sorologia. O pressuposto equivocado teve correlação ao senso comum, que culturalmente tornou-se conhecido como a alteração do sangue sifilítico. Nesse caso, Fleck explica que os pesquisadores, Wassermann e colaboradores, utilizaram crenças pessoais com base na cultura popular para solucionar o problema científico.

Infelizmente, os estudantes não levantaram dúvidas e/ou comentários sobre o termo “descoberta de Fatos Científicos” durante a aula. Contudo, utilizamos o caráter social da ciência para explicar o surgimento de compreensões para novos fatos, e enfatizamos a não existência de “descobertas” ao acaso.

A exemplo do episódio do DNA, a participação dos cientistas da FIGURA 16 trouxe uma base para formação de um novo conhecimento. Nesse sentido, o que muitas vezes é detectado como “erro” na ciência, na realidade pode fazer parte do contexto da construção do conhecimento. Linus Pauling, que anteriormente apresentou à comunidade científica a estrutura da alfa-hélice, relacionada as

proteínas, sugeriu uma estrutura de tripla hélice para a molécula do DNA. Entretanto, Watson e Crick (1953) a apontaram como um “erro” e a refutaram. Na perspectiva fleckiana, os parâmetros de julgamento “verdade” ou “erro”, de acordo com Nogueira (2021), emergem das práticas socialmente compartilhadas do Coletivo e Estilo de Pensamento. Então, não devemos julgar como “erro” as construções da ciência que em outros contextos fizeram sentido, uma vez que a “verdade” e a “realidade” são relativas a cada Estilo de Pensamento.

Em relação a Watson e Crick (1953), estes tiveram acesso às fotografias de cristalografia realizadas por Rosalind Franklin. Dessa maneira, julgaram como “erro” a tripla hélice, pois tinham dados experimentais para comprovar a formação da nova teoria. Pauling, por sua vez, um renomado químico, experiente em construção de modelos atômicos e na natureza da ligação química, não considerou o DNA complexo o suficiente para transmitir a hereditariedade, um conhecimento anterior. Desse modo, permaneceu na Harmonia das Ilusões, pois estava enraizado no estado do conhecimento de que as proteínas eram as moléculas mais complexas do organismo.

Outro caso que ocorreu a Harmonia das Ilusões, foi quando Johann Friedrich Miescher (1844-1895) isolou a nucleína pela primeira vez, no final do século XIX. Todavia, seus estudos com o núcleo da célula (nucleína) não despertaram interesse para o Coletivo de Pensamento da sua época. Certamente, o sistema de pensamento daquele Coletivo estava fechado para novas informações que contradiziam o Estilo de Pensamento instaurado. A partir de 1940, inicia-se a circulação de ideias sobre a complexidade da estrutura molecular do DNA, com os trabalhos de Oswald Avery (1877-1955). Inclusive, Maurice Wilkins palestrava a respeito da complexidade do DNA, vindo a mostrar seus dados experimentais a Watson. Contudo, Wilkins não sabia do real interesse de Watson pelo DNA porque no laboratório de Watson e Crick, William Laurence Bragg (1890-1971), o líder de pesquisa, trabalhava arduamente com as proteínas.

Um diálogo que ocorreu durante a aula de discussão da construção social do DNA, está mostrado no QUADRO 23.

QUADRO 23 - Diálogo sobre a construção social do DNA

Pesquisadora assistente: Esse conhecimento do DNA é muito recente, 100 anos atrás nós não tínhamos o conhecimento sobre isso... os cientistas conheciam o núcleo do DNA, olhando pelo microscópio, mas eles não conheciam a estrutura do DNA... Por volta de 1940, começa-se a

considerar o DNA complexo o suficiente para carregar as informações herdáveis, as questões de hereditariedade começaram em 1940, mas ainda havia cientistas que não acreditavam que a molécula do DNA era complexa. Foi o exemplo de Linus Pauling. O consagrado químico, acreditava que as moléculas mais complexas no organismo humano eram as proteínas. Então, ele ficou pesquisando a estrutura das proteínas e não se dedicou a pesquisar as estruturas do DNA. Enquanto, Watson percebeu a complexidade que poderia existir no DNA e foi atrás de decifrá-la. Então, esse aspecto foi um diferencial. O Linus Pauling permaneceu na Harmonia das Ilusões, porque ele ficou acreditando que a molécula mais complexa era as proteínas e ficou muito tempo para reconhecer que o DNA era mais complexo que as proteínas.

D₂: professora, por que ele gostava tanto das proteínas?

Pesquisadora assistente: Porque o Estilo de Pensamento, é como se fosse assim: na comunidade científica onde ele pertencia, se acreditava que as proteínas eram as moléculas mais complexas. Porque ele mesmo, tinha construído modelos para as moléculas das proteínas. A proteína tinha uma característica de ter a Alfa-hélice, responsável pelas espiralizações que as proteínas fazem. As proteínas existem no nosso organismo e existem no nosso cabelo, unha. A gente encontra no nosso organismo as proteínas. Inclusive na clara do ovo, tem proteína ali. Então, a partir disso, Linus Pauling fez o desenvolvimento do conhecimento em torno das proteínas. Já tinha feito toda a construção de modelo da alfa-hélice das proteínas e aí, ele acreditava com fé e veemente que eram as proteínas mais complexas e elas que iriam carregar a herança, os genes hereditários. A hereditariedade seria por meio destas proteínas. Ele acreditava que as proteínas estavam dentro da célula, e que essas proteínas seriam responsáveis por herdar, pela herança hereditária.

D₂: Ele tinha motivo para achar isso?

Pesquisadora assistente: Isso, sim. Ele tinha motivo e a comunidade científica acreditava nisso. E como ele era um cientista mais experiente, estava mais tempo na lida da alfa-hélice, ele ficou estudando esse conteúdo por mais tempo, e tudo que era nucleico, ele chamava de nucleoproteína, ele trocava o nome, porque ele acreditava que no núcleo da célula era a molécula de proteína que estava lá e não o DNA.

D₁: então, o fato dele achar que a proteína é a base do DNA... é interessante pensar que não necessariamente é algo ruim já ele teve um tempo bem mais aprofundado na proteína, então ele fez algo bom para a proteína em si.

Pesquisadora assistente: Ele participou da construção do conhecimento do DNA também, porque ele “errou”, mas os “erros” fazem parte da ciência. Porque ele acreditou, como você disse a palavra “base” ... Ele acreditou que a proteína era base para transmissão da hereditariedade e isso era o que eles acreditavam na época dele e ele fez a história também. Ele também participou da construção do DNA, porque ele acreditando que existia a complexidade de uma molécula, podendo ser construído um modelo ali a gente poderia saber mais sobre a hereditariedade. Só que ele achou que eram as proteínas as mais complexas, a alfa-hélice, e não o DNA. Já estava circulando o pensamento do DNA ser uma molécula complexa, porém Linus Pauling não acreditou que o DNA poderia ser tão complexo. O DNA tinha só 4 bases, a Adenina, Guanina, Timina e Citosina. E as proteínas tinham bem mais moléculas, só que essas 4 bases tinham a capacidade de se juntar, se ligar uma na outra e formas toda essa complexidade da dupla fita, dupla hélice, com apenas 4 bases. E eles não sabiam que as 4 bases poderiam formar a estrutura que poderia formar dentro dessas hélices, dessas duas fitas, elas giram em torno do eixo.

D₁: E interessante pensar que ele não estava 100% errado, não foi uma certa ignorância dele.

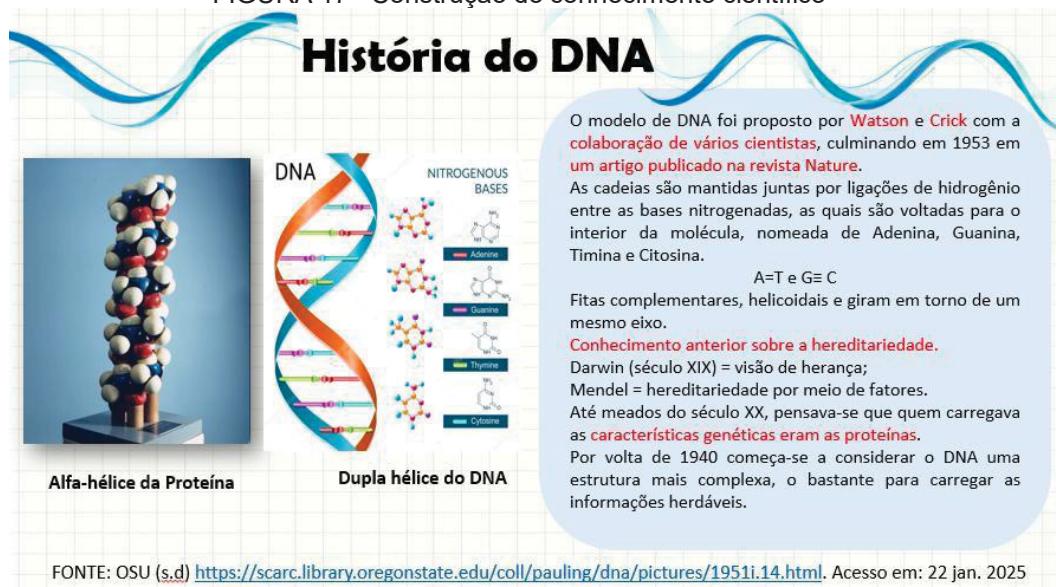
Pesquisadora assistente: Não, não foi ignorância. A gente não pode olhar para a História da Ciência e pensar que as pessoas de outro tempo eram ignorantes, ou que elas não pensaram direito, não estudaram direito aos olhos de hoje. Naquela época não se conhecia o DNA, não sabiam dessa estrutura da dupla hélice, não havia essa ideia. E ele sabia a complexidade da proteína, que era até então a molécula mais complexa conhecida. Então, o inteligente era pensar que a alfa-hélice era mais complexa, era o que a comunidade científica no geral pensava. Era o que Fleck vai dizer de Estilo de Pensamento. Eles tinham aquela informação que essa molécula até então, era a mais complexa. Na época do Linus Pauling, o certo era pensar que moléculas da alfa-hélice, a base da hereditariedade eram as proteínas, e eles estavam construindo a ciência.

FONTE: Autoria própria (2025).

A partir do diálogo, QUADRO 23, percebemos que o estudante se esforçou para compreender a construção do conhecimento em torno do DNA. Indagou sobre os motivos de Linus Pauling insistir em pesquisas da estrutura da proteína e não do DNA. Nossa propósitos não foi explicar os conceitos científicos de maneira aprofundada, mesmo porque se tratava do Ensino Médio, embora os estudantes já conhecessem as leis de Mendel da disciplina de biologia (tinham noção sobre genética, sabemos pelos diálogos com o estudante durante as aulas).

Nesse momento, foi necessário explicar as estruturas de cada molécula por meio de slides, como mostrado na FIGURA 17.

FIGURA 17 - Construção do conhecimento científico



FONTE: OSU (s.d) <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/pictures/1951i.14.html>. Acesso em: 22 jan. 2025

FONTE: OSU Libraries (s.d.).

A alfa-hélice, pertencente as características das proteínas secundárias, possui uma simples hélice, ligada por cadeia de polipeptídeos. No entanto, são responsáveis pelos espirais que se formam nas proteínas. Já a estrutura do DNA é composta por apenas quatro tipo de bases nitrogenadas: adenina, timina, guanina e citosina. No entanto, estas são capazes de se ligarem entre si e formarem uma dupla hélice, que giram em torno de um eixo, formando uma estrutura mais complexa.

Todavia, a dúvida dos estudantes persistiu em compreender os motivos de Linus Pauling se concentrar nos estudos sobre as proteínas. O mais extraordinário desta discussão, foi a potencialidade de explicar os conceitos de Estilo de

Pensamento e Harmonia das Ilusões aos estudantes, algo que previamente nos questionários foi mais complexo para serem explicados. Contextualizamos, que Linus Pauling, o químico mais experiente em química estrutural, não se preocupou com o DNA porque não acreditou (ou não aceitou) na complexidade da molécula, que possuía apenas quatro bases nitrogenadas. A complexidade era requisito para ser possível carregar a herança genética. Desse modo, Pauling permaneceu na Harmonia das Ilusões por estar enraizado na teoria do conhecimento das proteínas, até então as mais complexas conhecidas naquele Coletivo.

Vale ressaltar, que o Coletivo de Pensamento não é apenas a junção de cientistas, mas sim aquele Coletivo que compartilha dos mesmos pensamentos, sendo os portadores do saber. Assim, torna-se mais difícil para o cientista enxergar fora da coerção de pensamento, que está instaurada no seu meio.

Além disso, nesse episódio foi possível discutir sobre a questão da “descoberta de Fatos Científicos”, a qual não ocorre ao acaso, mas sim com trabalho árduo e contribuições dos conhecimentos anteriores. Porventura, de acordo com Fleck (1979, 1980, 2010) pode existir o uso de crenças, intuição e criatividades dos pesquisadores como artifícios para solucionar problemas científicos. E mais, quanto a questão do anacronismo, os estudantes refletiram que supostamente Linus Pauling não foi “ignorante” ao continuar as pesquisas em torno das proteínas, uma vez que não devemos olhar para o passado com os olhos de hoje. Evitando também, julgar como “erro” aquilo que em outro Coletivo e Estilo fizeram sentido.

Ademais, finalizamos a aula com a ideia da construção social do DNA, pois envolveu nomes de vários cientistas e utilização de conhecimentos anteriores. Por fim, enfatizamos que Watson e Crick contribuiram para a Emergência de um Fato Científico, a formação de um novo Estilo de Pensamento, o que possibilitou o nascimento de novas áreas na ciência.

Além das explicações quanto aos conceitos fleckianos, a contribuição do estudante D₁, nesta discussão final, foi no sentido de desmistificar a visão fragmentada e parcelar do conhecimento, haja vista que a ciência escolar é distinta da ciência especializada. Ao perceber que os cientistas possuíam formações distintas da área de publicação do artigo, o estudante observou a integração do conhecimento (ou a interdisciplinariedade, mas sem ser citado esse termo).

Nesse sentido, D₂ comentou: “Interessante pensar que o conteúdo deles ajudam na química, e ambos não eram químicos, Watson biólogo e Crick físico. Interessante pensar que a ciência não é um compartimento, da química, da biologia, da física, como a gente tem na escola”.

Assim, foi possível discutir as diferenças entre a ciência especializada e a ciência popular, aquela que se aproxima da ciência apresentada na escola: uma ciência simplificada, ilustrativa e apodíctica (evidente/verdadeira). Enquanto a ciência especializada utiliza a marca do provisório e pessoal. A exemplo da linguagem usada no artigo clássico de Watson e Crick (1953): “Queremos sugerir uma estrutura [...]”; e em, “Queremos apresentar uma estrutura radicalmente diferente para o sal do ácido desoxirribonucleico”. Consideramos que a distinção entre a ciência especializada e a ciência escolar foi possível graças à utilização da fonte primária.

Apesar da pouca participação, podemos mencionar que um efeito desse estudo nos estudantes foi com relação a observação sobre a interdisciplinaridade, como marca da ciência especializada, distinta da ciência escolar. Houve ainda, a curiosidade sobre a construção do conhecimento científico quando o aluno continuou perguntando do porquê Linus Pauling não acreditou na complexidade do DNA e continuou pesquisando sobre as proteínas.

Finalizamos nossa pesquisa na escola com uma aula final na turma do itinerário de ciências exatas, em 2024, um ano após o desenvolvimento da Sequência Didática. Nesta ocasião, reapresentamos o episódio sobre a “Evolução do Benzeno”.

Desta experiência, podemos citar que um efeito da nossa pesquisa nos estudantes foi a permanência da compreensão de que o cientista não trabalha sozinho, pois precisa do coletivo de pesquisadores para receber o reconhecimento acadêmico. Os estudantes consideraram que as questões sociais podem fazer com que alguns cientistas sejam mais reconhecidos que outros, e levantaram esse argumento ao comentar o caso do cientista Kekulé, um químico famoso, em contraposição ao Loschmidt, um químico desconhecido. Contextualizando, ambos propuseram uma estrutura molecular para o benzeno, mas somente a estrutura de Kekulé tornou-se conhecida academicamente.

De maneira geral, durante o desenvolvimento da SD, os estudantes estiveram receptivos à questão da desigualdade de gênero na ciência, inclusive as estudantes

estavam dispostas a discutir sobre o caso de Rosalind Franklin que não teve o devido reconhecimento à época. Embora Fleck (2010) não tenha argumentado a respeito, os temas contemporâneos, tais como as questões de gênero na ciência, possuem grande potencialidade para reflexão da Natureza da Ciência.

6.3 GRUPO 3: DIÁRIO DE PESQUISA – DESAFIOS DA INSERÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DE FLECK

Neste Grupo 3, apresento minhas reflexões como pesquisadora em relação ao desenvolvimento da SD na escola e, consequentemente, sobre minha pesquisa. Inicialmente, minha expectativa estava excessivamente alta, porque venho estudando Fleck há muitos anos e, a partir desses estudos, considero que seu modo de interpretar a construção da Ciência, ou seja, sua epistemologia, faz total sentido para compreendê-la.

Portanto, almejava ensinar os conceitos fleckianos como maneira de compreender a construção da ciência, ansiando contribuir para reflexão dos estudantes sobre a Natureza da Ciência (NdC). De fato, considero que houve compreensão sobre a construção social na ciência, e o conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento pareceu ser aquele que mais gerou entendimento aos estudantes.

A intenção de abordar a Natureza da Ciência por meio de Episódios Históricos, a partir da epistemologia fleckiana, foi primeiramente, investir em uma proposta de Ensino de Química que pudesse levar os alunos a compreenderem os processos de construção da ciência, e não apenas os produtos desta, como ocorre no ensino tradicional, já tão criticado em trabalhos como de Gil-Pérez *et al.* (2001), como apontado no QUADRO 2.

Decidimos fazer isso, não só apresentando concepções mais reflexivas, mas também nos afastando do referencial mais tradicional sobre NdC, tais como Lederman (1992), Lederman, Wade e Bell (1998), Lederman *et al.* (2002), Irzik e Nola (2011, 2014), Allchin (2011), Martins (2015), McComas (2008), Mendonça (2020), entre outros. Até mesmo os referenciais que introduziram a Filosofia da Ciência no ensino nos anos de 1990, sobressaíram a epistemologia kuhniana como

maneira para explicar a estrutura da ciência, o que deixou Fleck (2010) à margem das discussões epistemológicas.

Por essas razões, ao invés destes referenciais, decidimos utilizar a epistemologia de Fleck (2010), uma vez que este, já em 1935, bem antes de Kuhn, que se tornou *best seller* em 1962, apresentou o seu estudo sobre como se dá a construção da ciência. Ou seja, Fleck apresentou, de forma bastante pioneira, ainda sob a hegemonia do Empirismo, um olhar sobre a Natureza da Ciência que ainda não era conhecido ou aceito à época, sendo até mesmo rejeitado por todos os pares contemporâneos, especialmente pelo Círculo de Viena, que buscava fortalecer o Positivismo, cujas bases estavam sendo abaladas no início do século XX, devido à construção da mecânica quântica.

Tendo por base essa intenção, de abordar a NdC a partir de um referencial totalmente inédito e, mesmo com todas as dificuldades inerentes a este trabalho, considero que foi possível trabalhar a SD em direção à desmistificação de várias das concepções hegemonicamente menos reflexivas, principalmente duas delas: a “individualista e elitista” e a “socialmente neutra”. Talvez, estas foram as concepções “ingênuas” mais bem compreendidas pelos estudantes. Considero um bom resultado, uma vez que estas são também as compreensões sobre a NdC mais reafirmadas pela mídia e ainda presente em muitos textos didáticos.

Ao realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, antes do início da SD, foi possível averiguar que os alunos realmente tinham mais conexões com as concepções de ciência “empírico-indutivista” e “rígida e dogmática”, e que se faz ciência por meio das etapas do “método científico”, que por sua vez é a maneira como os estudantes aprenderam ciências (até aquele momento).

Nas aulas sobre Concepções de Ciência, a estratégia de ensino foi problematizar duas concepções distintas: 1) a empírica-indutivista, que explica a produção científica por meio do “método científico”; e 2) a concepção construtivista (investigativa), na qual explica a ciência por meio de uma sistematização do conhecimento. Esta, por sinal foi uma espécie de preparação do solo para receber a semente, isto é, a epistemologia de Fleck (2010).

Contudo, o início desafiador do desenvolvimento da SD ocorreu neste momento, pois “a preparação do solo” causou estranhamento aos estudantes. Em uma das turmas, o representante foi porta voz e citou que estes não estavam

familiarizados com a segunda concepção de ciência e apreciavam mais a primeira, cessando as discussões. Em outra turma, houve reação de surpresa e indagações, como: “mas então tudo é ciência?”, ao ser argumentado as características da sistematização do conhecimento. Por exemplo: a ciência é conhecimento profundo sobre algo relacionado a uma sistematização; é perceber algo de forma crítica, que ser cientista é ser investigativo, que não existe verdade absoluta e que tudo é possível de mudança de pensamento, sendo que o pensamento científico é uma transformação, na medida que ocorre uma evolução.

Nesse sentido, foi explicado que existem as diferenciações nas áreas das ciências: exatas, humanas, biológicas. Então houve a pergunta se a psicologia é uma ciência, e foi afirmado que sim. Todavia, discussões em torno do que é ou não é ciência prosseguiram, sendo desafiador responder as dúvidas inesperadas. Em certa medida, a epistemologia de Fleck ajudou alguns estudantes do Ensino Médio a enxergarem as ciências biológicas e da saúde como ciência natural, para além da física, da química ou da matematização das ciências naturais.

Num trecho da aula inicial, quando foi abordado concepção de ciência, houve a seguinte explicação: “a cabeça de um cientista é sempre investigativa, pois se você não concorda com determinado assunto, você vai estudar e desenvolver conhecimento aprofundado, de caráter investigativo para refutar o outro conhecimento que você não concorda”. Então ocorreu mais dúvida entre os estudantes: “E como funciona a cabeça do Einstein?”. Mais um momento desafiador porque há tantas possibilidades de respostas, mas como começar a explicar o pensamento de um cientista popular?

Cabem comentários sobre os estereótipos de cientistas ou suas contribuições mais relevantes para a sociedade, ou, ainda, quais os conceitos científicos foram formulados por ele. Enfim, decidi explicar como o pensamento de Einstein funcionava a partir de uma fotografia do Congresso de Solvay em 1927. Nesse momento, houve a oportunidade de apresentar o Coletivo de Pensamento aos alunos. E sucedeu, que foi exemplificado que Einstein não concordava com a concepção de dualidade onda-partícula e propôs um debate com Niels Bohr, principal proponente dessa propriedade fundamental da mecânica quântica. Ali, vários cientistas se encontraram para debater os dois pontos de vista, que gerou a controvérsia científica mais emblemática na História da Ciência no século passado.

Como resultado, Bohr saiu-se com suas contribuições escolhidas e Einstein perdeu o debate, talvez seu sentimento tenha sido de frustração. No entanto, pode ocorrer que daqui algum tempo as ideias de Einstein retornem. A explicação foi bem-sucedida e acredito que deixou os alunos impressionados, mas para conseguir construir a resposta de como funciona a cabeça de Einstein, tive que recorrer à memória e a tudo que já havia estudado a respeito. Dessa forma, considero que é um desafio para professores de ciências abordarem temáticas como as concepções de ciência em Fleck no Ensino Médio, mas é possível.

Além do mais, foi possível questionar a expressão “descoberta de Fatos Científicos”, pois Watson e Crick (1953) constataram a estrutura molecular de dupla hélice antes dos demais cientistas, mas utilizaram para isso conhecimentos anteriores e pesquisas de outros cientistas. Inclusive, um modelo de tripla hélice atribuído a Pauling e Corey, e, considerado como um “erro” aos jovens cientistas da dupla hélice.

Os estudantes, por sua vez, perceberam estas nuances ao ler e interpretar a fonte primária. Em certa medida, por meio destes aspectos da NdC presente no EH do DNA, tornou-se possível refletir sobre o anacronismo no processo de construção do conhecimento, uma vez que Linus Pauling não foi “ignorante” ao insistir na estrutura das proteínas como Fato Científico, como mencionado por um estudante, uma vez que nós não podemos olhar para o passado com os olhos de hoje. Ademais, a partir da reflexão sobre o “erro” foi possível explicar o conceito de Estilo de Pensamento, bem como o de Harmonia das Ilusões. Já que Fleck (2010) nos ensinou que cada Coletivo e Estilo de Pensamento possuem seus critérios de realidade, de verdade e de julgamento.

Em especial, na aula de discussão da construção social do DNA houve o levantamento da diferença entre a ciência escolar e a ciência especializada, por parte de estudantes da turma do itinerário de ciências exatas. A primeira foi observada com característica disciplinar e fragmentada, em formato de compartimento, enquanto na segunda foi percebida a junção das áreas científicas (Biologia, Química, Física) para solução do problema científico. Considero que tal percepção foi possível, pois se utilizou fonte primária, isto é, o artigo clássico de Watson e Crick (1953), o que contribuiu para tais reflexões de NdC.

Especificamente, em relação às aulas sobre epistemologia de Fleck, os estudantes trouxeram algumas reflexões sobre ética na ciência. Contudo, o mais desafiador foi mediar tal discussão, principalmente por Fleck ser judeu e sobrevivente do holocausto. A discussão ocorreu em uma das turmas do itinerário de ciências humanas, cujos conteúdos sobre Segunda Guerra já haviam sido estudados em história e uma visita guiada ao Museu do Holocausto, da mesma disciplina, já havia ocorrido. As questões sensíveis levantadas referiam-se a eugenia e aos lançamentos de bomba atômica durante o período da Segunda Guerra.

Todavia, apesar da polêmica, houve o contra-argumento na discussão dos alunos. Este era de que nós brasileiros somos miscigenados e não tem cabimento pensarmos em apoiar ideias de eugenia, que promovem a discriminação, racismo e violação dos direitos humanos. Aliás, não tem cabimento apoiar genocídio, extermínio de um povo ou a “higienização racial”. Entretanto, em decorrência da tendência ao discurso antisemita tornou-se incompatível continuação de tais discussões nas aulas. As aplicações destas ocorreram antes do início do conflito atual entre Israel *versus* Hamas⁵³, que se iniciou em 07 de outubro de 2023 e permanece (intensifica) até nossos dias em 2025.

Por meio de experiências anteriores, seja em minicursos ou congressos científicos, isto é, em ambientes universitários, nunca houve comentário favorável ao lançamento de bomba atômica ou discursos compreensíveis às perseguições antisemitas. Já no Ensino Médio, infelizmente, testemunhei crescentes apropriações de discursos de ódio, cuja mediação docente foi muito desafiadora, o que me faz conscientizar da necessidade de estudar sobre Direitos Humanos, mais história e geopolítica. Assim, vivenciei a experiência de que cabe ao professor mediar os conceitos atitudinais, como previsto em Zabala (1998), no sentido de sermos mais respeitosos e tolerantes uns com os outros. O que inclui o respeito à diversidade humana.

Em termos de estrutura pedagógica, essa participação dos estudantes correspondeu às etapas procedimentais e atitudinais, sugeridas por Zabala (1998), mostradas no Quadro 6 (etapas 2 e 3). Dessa forma, ansiava a participação dos estudantes e esta era prevista, mas não previ os níveis de discussões que seriam gerados.

⁵³ Reportagem da BBC que explica o conflito atual de Israel *versus* Palestina. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/ckgn7w97l48o>. Acesso em: 15 jun. 2025.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi analisar se e como o estudo do Episódio Histórico do DNA, por meio de uma Sequência Didática, com base na epistemologia de Fleck pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência.

Nesse sentido, tivemos como objeto de pesquisa uma Sequência Didática (SD) junto aos estudantes do Ensino Médio, no ensino regular, na qual foi elaborado e desenvolvido três Episódios Históricos (EH) como estratégia didática, a saber: “História do DNA”, “A Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo” e “Evolução do Benzeno”. Quanto à análise, devido ao volume de dados constituídos, apenas o episódio “História do DNA” foi escolhido para compor o presente estudo. Contudo, tornou-se evidente as contribuições da epistemologia fleckiana no Ensino de Ciências durante toda execução dos episódios.

Desse modo, defendemos a tese de que a epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010) nos traz base para ensinar sobre o funcionamento da ciência e pode contribuir para que os estudantes reflitam sobre a Natureza da Ciência.

Consideramos como principais contribuições, a compreensão do caráter coletivo da pesquisa científica, visto o entendimento do conceito fleckiano de Coletivo de Pensamento (CP). Além disso, foi averiguado que os estudantes perceberam que conhecimentos anteriores são utilizados para formulação de um novo conhecimento. Esta conclusão foi discutida em sala de aula, graças ao artigo clássico de Watson e Crick (1953), uma fonte primária, o qual os estudantes tiveram acesso à leitura e interpretação. Exatamente por se tratar de uma linguagem da ciência especializada, tornou-se possível discussões sobre o caráter interdisciplinar na ciência, que se diferencia daquela ciência apresentada na escola. O estudo também contribuiu para desmistificar algumas concepções pouco reflexivas sobre a Natureza da Ciência, tais como a “visão elitista e individualista de ciência” e a “socialmente neutra da ciência”.

Ademais, a utilização da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências possui a potencialidade para desenraizar seu ensino tradicional, intrínseco numa concepção empírico-indutivista. Os estudantes também puderam perceber que as ciências naturais não se resumem às ciências exatas, já que Fleck usou a matriz

biológica como modelo de ciências. Dessa maneira, torna-se mais explícita a percepção de que a psicologia, por exemplo, faz parte das ciências naturais, como foi discutido no decorrer do desenvolvimento da Sequência Didática.

A epistemologia de Fleck (1979, 1980, 2010) representou um marco teórico inovador e fundante na historiografia da ciência, pois conseguiu juntar tanto os fatores externos como os fatores internos da ciência, dissociando a dicotomia “contexto da justificativa” *versus* “contexto da descoberta”, que foi um debate travado entre epistemólogos da ciência no início do século XX. Com isso Fleck conseguiria encerrar a dicotomia que intrigava a Nova Filosofia da Ciência ainda na primeira metade do século XX.

No entanto, por ter ideias muito inovadoras, que se contrapunham a concepção de ciência do Círculo de Viena, hegemônica na época, sua obra permaneceu desconhecida e longe dos debates acadêmicos. E mais, por razões da Segunda Guerra, sua obra “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico” foi conhecida do grande público apenas nos anos de 1980, após tradução para o inglês e reedição da versão em alemão. Ludwik Fleck fez suas reflexões a respeito da ciência a partir de seu trabalho como médico e com pesquisas na área de microbiologia. Nesse contexto, utilizou como pano de fundo a Teoria da Evolução das Espécies, uma matriz biológica, para explicar sua Teoria do Conhecimento. No Brasil, é crescente a recepção da epistemologia fleckiana nas pesquisas em Educação em Ciências, ainda que haja muito a ser explorado.

Diante da potencialidade da obra fleckiana, consideramos que a utilização da sua epistemologia pode ser um diferencial para o Ensino de Ciências, pois possibilita que o estudante compreenda a ciência a partir de uma outra concepção, que não seja aquela da ciência hegemônica, diretamente ligada à física e a matematização das ciências naturais, comum no Ensino Tradicional de Ciência.

A realização dessa tese nos leva a afirmar que o estudo da epistemologia fleckiana pode dar um bom suporte teórico aos professores do nível médio de ensino, sobretudo para que estes consigam ensinar, ou promover durante o processo de ensino-aprendizagem, uma compreensão mais reflexiva sobre a Natureza da Ciência aos seus alunos, sendo possível explorar ações pedagógicas inovadoras.

Reconhecemos que a epistemologia da ciência é um saber fundamental na formação dos professores e não somente para o aluno, no contexto da Educação

Básica. Observamos também em nossa pesquisa que os estudantes são capazes de compreender o caráter coletivo da pesquisa científica, a construção social da ciência, o conceito de Coletivo de Pensamento com grande expressividade e podem realizar muitas outras reflexões sobre a NdC.

Com a experiência durante a adoção da epistemologia de Fleck (2010) no Ensino Médio, podemos mencionar que Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento e Mutação no Estilo de Pensamento são os conceitos fleckianos mais adaptáveis no Ensino Médio, uma vez que os estudantes conseguem compreendê-los e realizar associações relativas à construção da ciência. Como é o caso com as palavras “coletivo”, “pensamento” e “mutação”.

Embora seja importante compreender que Coletivo de Pensamento, no conceito fleckiano, não é somente a comunidade científica, no sentido de sociedade, mas sim o pensamento que permeia cientistas com mesmas normas e condutas, simbolizando uma identidade de pertencimento. Ainda assim, Coletivo de Pensamento é o mais “ensinável” dentre os conceitos fleckianos. Enquanto Estilo de Pensamento pode ser associado pelos estudantes como o método para se realizar ciências, devido ao ensino tradicional da concepção empírico-indutivista. Já os conceitos Fato Científico e Harmonia das Ilusões são mais abstratos, o que dificulta a compreensão no ensino.

Além disso, as próprias abordagens em História da Ciência vêm dando ênfase às questões sobre “coletivo” e às temáticas contemporâneas, como gênero na ciência, o que facilita propostas didáticas inovadoras. Ademais, a epistemologia fleckiana auxilia no aprofundamento dessas questões e pode ser um facilitador na transformação do Ensino de Ciências, sendo sugerida para o seu uso instrumental, que ainda não é comum na educação brasileira. Ainda que Fleck (2010) não tenha mencionado em sua obra sobre questões de gênero na ciência, sua epistemologia serve como base para compreensão do funcionamento da ciência.

Mesmo com as características mencionadas, desejamos ainda salientar que a epistemologia fleckiana tem grande potencial para explicar os processos de construção dos conhecimentos científicos. Esse dado para nós é bastante caro, uma vez que o ensino tradicional de ciências apresenta apenas os seus produtos. Portanto, dados esses resultados, ressaltamos que é necessário que os professores de ciências da natureza tenham na sua formação oportunidades de conhecer

referenciais e propostas como esta que apresentamos, para que estejam capacitados a incluir discussões sobre concepções mais reflexivas e epistemologicamente orientadas sobre a construção da ciência, e assim estejam habilitados a promovê-las em sala de aula.

7.1 SUGESTÕES PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Ressalvo que desenvolver um episódio tendo por base a epistemologia da ciência de Fleck (1979, 1980, 2010) sempre foi um desafio, até mesmo para o público especializado em História da Ciência e Ensino e para os pares na Educação em Ciências, cujas críticas me levaram aos debates sobre a apropriação da epistemologia de Fleck e, consequentemente, às contribuições para minha formação docente.

Durante o percurso da pós-graduação, foi possível perceber o quão essencial a epistemologia é, especialmente para auxiliar os professores a aprimorarem concepções menos ingênuas sobre ciência e a fundamentar sua ação pedagógica-didática. Aliás, sempre me ocorreu, durante as aulas, a reflexão de que a Educação em Ciências necessita da epistemologia, uma vez que esta está implícita nos currículos, mesmo não estando tão clara se faz presente nas entrelinhas. Está no diálogo de professores de ciências, no conteúdo dos livros didáticos, nos periódicos, nos produtos midiáticos, na maneira como o conhecimento científico circula nas universidades, dos pesquisadores aos iniciados. Então, a epistemologia faz parte de uma teia de relações. Nesse sentido, como pesquisadores e como professores precisamos refletir **como pensamos a ciência e como a ensinamos**.

Nas relações epistemologia / ensino e aprendizagem em ciências, é relevante que os professores escolham uma tese epistemológica para explicar a construção do conhecimento científico aos seus alunos, e foi o que buscamos realizar ao desenvolver a SD com base na epistemologia de Fleck no Ensino Médio. Apesar dos desafios, pontuamos que se pode discutir: Qual concepção de ciência estamos tratando na disciplina? Quais os métodos para se desenvolver ciência? Há um “método científico”? Como as comunidades científicas se relacionam? Como propiciar a aprendizagem de conceito científico em sala de aula?

Adicionalmente, quanto às aplicações de episódios históricos no Ensino Médio, seguem algumas sugestões de questões a serem problematizadas em sala de aula: Como estava o estado do conhecimento na época? Quais eram os discursos científicos envolvidos naquele período? Quais eram os contextos social, econômico e político à época do episódio? Assim, podemos conciliar os aspectos internos, ou seja, a maneira de se fazer ciência, os métodos, os fundamentos, as teorias e as interações no Coletivo de Pensamento; até os aspectos externos à ciência, como o contexto histórico no desenvolvimento de determinado conhecimento científico.

Quanto ao posicionamento epistemológico, podemos nos perguntar enquanto professores: Consideramos o conhecimento científico sob a ótica de qual epistemólogo?

Nesse quesito, temos como sugestão de estudo aos docentes de ciências naturais, a indicação da epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961). Este representa um caso raro na Filosofia da Ciência, uma vez que não era filósofo inglês, não era francês, não era americano, mas sim era polonês e escreveu sua principal contribuição para a História, Filosofia e Sociologia da Ciência em alemão (entretanto, há tradução de seu livro para a língua portuguesa). Tampouco, esteve diretamente ligado academicamente às cadeiras de ensino em epistemologia da ciência.

No entanto, por meio da sua formação científica em medicina e na especialidade de microbiologia, Fleck desenvolveu sua Teoria do conhecimento, na posição de quem olha por dentro da ciência pura e aplicada. Sobretudo, desenvolveu os conceitos de Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento, que podem ser aplicados na Educação em Ciências. Ainda, por ter a biologia como modelo de ciência, Fleck nos dá suporte para explicarmos sobre as Características da Ciência, para além do Ensino Tradicional de Ciência. De modo a tornar esclarecedor dúvidas dos discentes sobre as delimitações da ciência e da não ciência. Como por exemplo, se a psicologia é uma ciência (natural) ou não. Além de disponibilizar aos estudantes a perspectiva da interdisciplinaridade.

Nesse sentido, como Fleck pertenceu à área da saúde, a percepção sobre as ciências biológicas fica mais nítida nos episódios históricos, não havendo somente a dicotomia ciências humanas *versus* ciências exatas para discernimento dos estudantes. E ainda, é possível perceber como as ciências exatas atuaram de

maneira hegemônica, moldando o Estilo de Pensamento em relação à ciência. Apesar da Química ser uma ciência exata, possui fronteiras também com a biologia, além da física e da geociência. Indo além, acredito que a epistemologia fleckiana possui um diferencial para a História da Ciência, conforme consta na seção 3.4, pois traz aspectos de reflexão sobre a “verdade” e a “realidade”, definidos dentro de cada Coletivo e Estilo de Pensamento.

Outros epistemólogos podem servir de fundamento aos docentes, como Karl Popper (1902-1994), Thomas Kuhn (1922-1996), Paul Feyerabend (1924-1994), ou os sociólogos da ciência como David Bloor (1942-82anos), Bruno Latour (1947-2022)⁵⁴. Contanto, que sejam autores alinhadas a Nova Filosofia da Ciência, aquela que se opõem ao Positivismo Lógico, que foi a base do Círculo de Viena, e no qual consta (e constou) como modelo de ciência hegemônica, principalmente no Ocidente. Vale ressaltar, que à medida que ocorre algum movimento na ciência, visto sua dinamicidade, a epistemologia tende a sofrer transformações nos seus debates concomitantemente.

Aliás, o trabalho com diferentes concepções de ciência nas aulas, como a empírico-indutivista e a construtivista, tem potencial para gerar um direcionamento para que os estudantes reflitam sobre a NdC. Acrescenta-se que, averiguar as concepções de ciência valoriza os conhecimentos prévios dos alunos e contribui para a aprendizagem destes.

Contextualizando, no Positivismo Lógico há o propósito de se extinguir a metafísica⁵⁵, sendo necessária uma atitude especificamente científica, e, por isso, uma postura antimetafísica. Nesse sentido, ocorre menos espaço para críticas aos ideais de racionalidade e à objetividade em comparação ao período da Nova Filosofia da Ciência.

Outrora, no século XIX, a comunidade científica se preocupou em explicar dois sentidos do desenvolvimento científico: 1) o sentido estrito da realidade e 2) por que a realidade é do jeito que é. Assim, vimos a presença da metafísica na ciência,

⁵⁴ Julgamos que a utilização de autores da Sociologia da Ciência tendem a romper com o cartesianismo da ciência. “É um futuro”... assim comentou um dos professores da minha banca examinadora. Além disso, na minha concepção Bruno Latour era fleckiano, já que ele mesmo escreveu o prefácio da versão do livro do Fleck em francês.

⁵⁵ O que se entende por “metafísica”? A metafísica é algo que remete à essência; ligada aos princípios e a transcendência. Como utiliza ambiguidade, a crítica do Positivismo Lógico a metafísica é de que a linguagem precisa ser clara, objetiva e sem segundo sentido. Assim, a linguagem científica seria sinônimo de clareza objetiva.

ao se preocupar em justificar as causas da natureza. Na História da Química, temos o exemplo da hipótese atômica (antecessora da teoria atômica), que interpretava a constituição da matéria sem a existência dos átomos. Portanto, sem uma realidade concreta, mas com uma explicação subjetiva. Nesse sentido, a posição antimetafísica do Círculo de Viena realizava a separação da ciência e da não ciência, ou seja, outros saberes não cabem no conhecimento científico, uma vez que pertencem aos outros campos dos saberes.

Um aspecto da NdC relevante para discussão da epistemologia da ciência é: qual o ponto de partida do cientista? Como a comunidade científica apresenta as razões para defender as teorias que aceita como verdadeiras?

Nesse sentido, cabe como sugestão aos professores de ciência compreender quais são as diferenças de pensamento a respeito da produção do conhecimento entre um empirista e um autor da Nova Filosofia da Ciência. Vale refletir: Qual é o papel da experimentação na produção do conhecimento? Quais foram as críticas à concepção empírico-indutivista na perspectiva de Karl Popper? E na perspectiva fleckiana?

Buscou-se nessa pesquisa, como contribuição social, apresentar uma fundamentação a respeito da epistemologia de Fleck de maneira bem estruturada e completa para que professores interessados em novas propostas para o Ensino de Ciências tenham esse aporte teórico. Por sua vez, a compreensão da epistemologia da ciência é fundamental para que o professor reflita sobre sua prática pedagógica, o que pode gerar entendimentos mais reflexivos sobre a construção do conhecimento científico aos estudantes.

Como sugestão aos professores que atuam na Educação Básica, o filme *Oppenheimer*⁵⁶, lançado em 2023, parece ser uma boa alternativa para quem deseja desenvolver episódios históricos nas aulas de Ciências/Química, utilizando a NdC sob olhar fleckiano. Em especial, pela potencialidade de poder relacionar História da Ciência e Ensino, como química e ética na ciência.

Contextualizando - contém *spoiler*- o filme hollywoodiano *Oppenheimer* leva o mesmo nome do físico norte-americano Julius Robert Oppenheimer (1904-1967), que liderou o Projeto Manhattan, de cunho político, cuja origem é norte-americana e

⁵⁶ *Oppenheimer* foi o grande vencedor no Oscar 2024, pois ganhou sete estatuetas, sendo elas: melhor filme, melhor diretor, melhor Ator (Cillian Murphy), melhor Ator Coadjuvante (Robert Downey Jr.), melhor fotografia, melhor montagem, melhor trilha sonora original.

visou a produção da bomba atômica no período da Segunda Guerra. Assim, *Oppenheimer* traz a história com ficção, envolvendo o recrutamento de alguns cientistas, entre eles: Albert Einstein (1879-1955); o desenvolvimento do projeto até os fatídicos lançamentos das bombas atômicas, incluindo o pós-lançamento. Há nas cenas, a consciência do cientista Einstein com aparente demonstração de arrependimento, bem como um julgamento; como numa espécie Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da Guerra, além de indagações sobre a ética no trabalho científico. Desse modo, é possível utilizar a interdisciplinaridade entre as disciplinas científicas e não científicas, como é o caso da química e da física, e, as disciplinas das humanidades, como história, geopolítica, filosofia e sociologia.

Outra opção de filme, capaz de juntar História da Ciência e Ensino é *Radioatividade (Radioactive)* de 2019. Como enredo, há a trajetória de Marie Curie, incluindo suas pesquisas científicas, que proporcionaram a identificação dos elementos químicos rádio (Ra) e polônio (Po), até os impactos da radioatividade na medicina e na guerra. Aborda a luta de Marie Curie como mulher na ciência, a conquista dos prêmios Nobel e os desafios pessoais enfrentados durante sua vida, como a morte precoce de Pierre Curie- seu marido. Além deste, existem os filmes de origem europeias que retratam sua vida e trabalho científico. É o caso de Marie Curie: *The Courage of Knowledge*, de 2016, onde é possível realizar discussões a respeito de discriminação de gênero na ciência. Desse modo, cabem conexões entre História da Ciência e reflexões com a NdC sob olhar fleckiano.

Em relação à memória das vítimas do holocausto e questões sobre Direitos Humanos, há o Museu do Holocausto de Curitiba⁵⁷, o primeiro desse gênero no Brasil. Neste, é possível agendar visitas guiadas aos grupos escolares, com objetivo de conscientizar as novas gerações sobre os perigos do ódio, da intolerância e do racismo. No espaço deste Museu, é apresentada a história do holocausto com relatos de sobreviventes, imagens históricas, vídeos e documentos que ajudam a contextualizar o período histórico. Lembrando que é necessário conhecer a história para que não voltemos a repeti-la, mesmo sendo professores da área científica somos humanos.

⁵⁷ A página do Museu do Holocausto de Curitiba pode ser acessada em <https://www.museudoholocausto.org.br>. Acesso em: 01 jun. 2025. Para mais ideias para aulas, recomenda-se o Grupo do Facebook: “Educação: Holocausto e Direitos Humanos”.

Em especial, cabe a interdisciplinaridade em episódios de História da Ciência no século XX envolvendo a epistemologia de Fleck, visto a possibilidade de se discutir o papel da ciência e dos cientistas em situações de guerra. Como a postura de Einstein diante à Segunda Guerra, ou a de Oppenheimer à frente do Projeto Manhatan, ou, ainda, a abstenção do químico Linus Pauling e retaliações do governo norte-americano à sua carreira. Enfim, é possível conter em EH as questões éticas relacionadas às primeiras armas nucleares, como a história da física nuclear problematizada a partir de um jogo “A.T.O.M.I.C.” (Góis; Bagdonas; Guerra, 2024).

Lembrando que a construção de EH foi utilizada nesta tese como um meio de estratégia didática. A preciosidade na junção da História da Ciência e o Ensino está na epistemologia fleckiana, que acreditamos dar liga a construção social da atividade científica, a construção do conhecimento científico (processos de construção de conceitos científicos) e ao funcionamento da ciência.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A presente pesquisa buscou contribuir para a área de Educação em Ciências, sobretudo no amadurecimento de discussões sobre o uso da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências. Inclusive, houve aprofundamento teórico nos capítulos iniciais desta tese, com citações das definições dos conceitos fleckianos no idioma original. Elaboramos e desenvolvemos uma Sequência Didática rica em base teórica e com Episódios Históricos selecionados com fontes primárias ou secundárias, a princípio para atender o Ensino de Química e, após, ampliou-se para o Ensino de Ciências, em decorrência da possibilidade de interdisciplinaridade no episódio abordado.

Reconhecemos que a pesquisa empírica no contexto escolar tornou-se desafiante, exatamente por conter a complexidade dos conceitos fleckianos somados aos aprofundamentos dos conhecimentos científicos trabalhados em sala de aula. Para além, não sabíamos a aceitação ou rejeição dos estudantes em relação a metodologia de ensino empregada, distinta daquela a qual estavam familiarizados.

Todavia, recomendamos a continuação de outras pesquisas empíricas, para que sejam ampliadas discussões sobre maneiras de se fazer o uso instrumental da epistemologia de Fleck. Tivemos como enfoque a reflexão dos aspectos da Natureza da Ciência. Contudo, consideramos que outras maneiras da abordagem de Fleck (2010) são possíveis no Ensino de Ciências.

Como questão em aberto, sugere-se para trabalhos futuros a junção da Teoria do Conhecimento de Fleck (2010) com Teorias da Aprendizagem, indicadas em Moreira (2019). Como exemplo, é possível uma aproximação da Teoria Social da Aprendizagem de Wenger (2013) com a epistemologia de Fleck, pois percebemos semelhanças conceituais. Dessa maneira, Coletivo de Pensamento se assemelha com Comunidade de Prática; na mesma medida, Estilo de Pensamento possui assimilação a Repertório Compartilhado, enquanto a inserção no Estilo de Pensamento pode ser associado à relação entre novatos e veteranos. Há ainda, semelhanças entre a Circulação Intercoletiva de Ideias e Participação Periférica Legítima. Ambas teorias possuem a importância do meio social na criação do conhecimento.

Apreciamos a necessidade de formação de uma rede de pesquisa que fortaleça o uso da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências, no sentido de superar concepções pouco reflexivas na Ciência e nos currículos.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. São Paulo: Nova Stella, Edusp, 1987. p. 231-264.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. 3^a edição. São Paulo: Landy, 2001.

ALFONSO-GOLDFARB, A., et al. **Percursos de história da química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 918-945, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20432>. Acesso em: 25 ago. 2025.

ANJOS, M. M. O.; JUSTI, R. Favorecendo a discussão de alguns aspectos de natureza da ciência. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 37, n. especial, p.4-10, jul., 2015. Disponível em: http://qnesc.sbrq.org.br/online/qnesc37_especial_I/03-EA-90-14.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

ARAUJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 1, n. 7, p. 13-24, dez. 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbrq.org.br/online/cadernos/07/a04.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio: Pesquisas em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122- 134, jul./dez., 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/XvnmrWLgL4qqN9SzHjNq7Db/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

_____, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARRA, E. S. O. De um ponto de vista estruturalista: uma revisão das bases filosóficas do internalismo de Koyré. In: CONDÉ, M. L. L.; SALOMON, M. (Orgs). **Alexandre Koyré: História e Filosofia das ciências**. 1^a ed. Belo Horizonte, MG.: Traço fino, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/108891528/Cond%C3%A9_Mauro_L_Salomon_Marlon_Org_2015_Alexandre_Koyr%C3%A9_Hist%C3%B3ria_e_Filosofia_das_Ci%C3%AAncias?email_work_card=title. Acesso em: 11 nov. 2024.

BELTRAN, M. H.R.; SAITO, F. História da ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse diálogo. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2013. Disponível em: <https://share.google/FNw2aWPZdcShuzsOr>. Acesso em: 23 nov. 2025.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

BENEVIDES-PEREIRA, A. M. *et al.* Elaboração e validação de um instrumento de avaliação de atitudes frente ao uso de história da ciência no ensino de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vigo, v. 8, n. 3, p. 901-922, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/41043467_Elaboracao_e_validacao_de_um_instrumento_de_avaliacao_de_atitudes_frente_ao_uso_de_historia_da_ciencia_no_ensino_de_ciencias. Acesso em: 11 nov. 2024.

BLOG DA BIOLOGIA E EDUCAÇÃO. **Artigo traduzido: uma estrutura para o ácido desoxirribonucleico**. Tradução: CAMILO, J. Disponível em: <https://biologiaeeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BOLZANI, V. S. Mulheres na ciência: por que ainda somos tão poucas? In: SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 69. 2017, Belo Horizonte, Minas Gerais. **Anais da 69ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**: Ciência e Cultura. São Paulo, v. 69, n.4, out./dez., 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400017>. Acesso em: 05 ago. 2025.

BOUCHERON, P.; GIORGIONE, C. (Orgs.). **Leonardo da Vinci**: a natureza e a invenção. São Paulo: SESI-SP Editora, 2014.

BOZZA, D. A. **Revisão dos conceitos de Mendel** - REMendel, ed. 2022. Curso de extensão do Departamento de Genética. Universidade Federal do Paraná, 07 a 18 de fevereiro, 2022. Disponível em: <http://remendel.ufpr.br>. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** – BNCC. 2ª ed. Brasília, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRUNER, J.S. **The Process of Education**. Massachusetts: Harvard University Press, 1960. Disponível em: <http://edci770.pbworks.com/w/file/fetch/45494576/Bruner%20Processes%20of%20Education.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2025.

CACHAPUZ, A. *et al.* A emergência da didáctica das ciências no campo específico de conhecimento. **Revista Portuguesa de Educação**. Minho, v.14, n. 1, p. 155-195, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/374/37414108.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17569/material/T.5-%20A%20NECESS%C3%81RIA%20RENOVA%C3%87%C3%83O%20DO%20ENSI%20DAS%20CI%C3%8ANCIAS.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CALAZANS, V. Teoria da história e história da ciência em Alexandre Koyré. In: CONDÉ, M. L. L.; SALOMON, M. (Orgs). **Alexandre Koyré: História e Filosofia das ciências**. 1ª ed. Belo Horizonte, MG.: Traço fino, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/108891528/Cond%C3%A9_Mauro_L_Salomon_Marlon_Org_2015_Alexandre_Koyr%C3%A9_Hist%C3%B3ria_e_Filosofia_das_Ci%C3%83ncias?email_work_card=title. Acesso em: 11 nov. 2024.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Editora Gaia, 2015, 328p.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001229941>. Acesso em: 11 dez. 2025.

CARVALHO, T. A.; GUERRA, A. Michael Matthews e a articulação ensino de ciências – história da ciência no Brasil em artigos publicados entre 2002 e 2021: como caminhamos para uma perspectiva sociopolítica? **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 29, n. 2, p. 166 -186, 2024. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/3537>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 17-22.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber ensinado**. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1998.

CHICÓRIA, T.; AIRES, J. A.; CAMARGO, S. A epistemologia de Ludwik Fleck: análise das produções do encontro nacional de pesquisa em educação em ciências entre os anos 1997 e 2015. **Actio: Docência em Ciências**. Curitiba, v. 3, n. 3, p. 6-25, set./dez., 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/7504>. Acesso em: 11 nov. 2024.

COHEN, R.; SCHNELLE, T. (Eds). **Cognition and Fact: materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986.

COMENIUS, I. A. **Didactica magna**. Joaquim Ferreira Gomes (Introdução, tradução e notas). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. Disponível em: https://www2.unifap.br/edfisica/files/2014/12/A_didactica_magna_COMENIUS.pdf. Acesso em: 30 maio 2025.

CONDÉ, M. L. L. Paradigma *versus* estilo de pensamento na história da ciência. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 9, 2003, Rio de Janeiro. **Anais do 9º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia (9SNHCT)**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência,

2005. p. 123-146. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/319963248>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Prefácio à edição brasileira. Um livro e seus prefácios: de pé de página a novo clássico. In: Fleck, Ludwik. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Fabrefactum: Belo Horizonte, 2010.

_____. **Ludwik Fleck**: estilos de pensamento na ciência. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.

_____. ESCOLA PARANAENSE DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, 2013, Universidade Federal do Paraná. **Da historicidade da ciência e suas implicações**. Curitiba: UFPR, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/EscolaHFC>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Koyré e Wittgenstein: o internalismo reconsiderado a partir de uma perspectiva pragmática. In: CONDÉ, M. L. L.; SALOMON, M. (Orgs). **Alexandre Koyré: História e Filosofia das ciências**. 1ª ed. Belo Horizonte, MG.: Traço fino, 2015. Disponível em:
https://www.academia.edu/108891528/Cond%C3%A9_Mauro_L_Salomon_Marlon_Org_2015_Alexandre_Koyr%C3%A9_Hist%C3%B3ria_e_Filosofia_das_Ci%C3%A3ncias?email_work_card=title. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Ludwik Fleck's reception in Brazil: from an anonymous visitor to a renowned thinker. **Transversal**: International Journal for the Historiography of Science. Belo Horizonte, v. 1, p. 46-51, 2016. Disponível em:
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/transversal/article/view/14976>. Acesso em: 27 out. 2024.

_____. Entre o normal e o patológico: Ludwik Fleck, Georges Canguilhem e a gênese da epistemologia histórica. **Intelligerre**: Revista de História Intelectual. São Paulo, v. 2, n. 1, p. 51-67, 2016. Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/revista/intelligere/article/view/114460>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. **Um papel para a história**: o problema da historicidade da ciência. Editora UFPR: Curitiba, 2017.

_____. Mutações no estilo de pensamento: Ludwik Fleck e o modelo biológico na historiografia da ciência. **Revista de Filosofia Moderna e Contemporânea**. Brasília, v. 6, n. 1, jul., 2018, p. 155-186. Disponível:
<https://periodicos.unb.br/index.php/fmc/article/view/20236>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. A herança de Thomas Kuhn para a história e a filosofia da ciência. **Problematá**: Revista Internacional de Filosofia. João Pessoa, v. 14, n. 4, p. 15-26, 2023. Disponível em:
<https://periodicos.ufpb.br/index.php/problematá/article/view/67939/38751>. Acesso em: 16 out. 2024.

COSTA, M. C. S. Uma convergência entre a história da ciência e ensino de química: o caso da pilha de Daniell, 2021. 112f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Interunidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-31052021-173018/pt-br.php>. Acesso em: 11 nov. 2024.

COSTA, M. C. S.; PORTO, P. A. A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 38, n. 3, p. 1.690-1.673, dez., 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/82360>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CRUZ, S. M. O.; SILVEIRA, C. R. **Didáctica Magna**: contribuições para a escola da primeira infância na contemporaneidade. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 18, p. 1-13, jan./dez., 2024. Disponível em: <https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/5600>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CUPANI, A. O. **Filosofia da ciência**. Florianópolis: FILOSOFIA/EAD/ UFSC, 2009, 206 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/229571>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DAMIANI, M. F.; et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**. Pelotas, n. 45, p. 57-67, maio/ago., 2013. Disponível em: [Discutindo pesquisas do tipo intervencao pedagogica.pdf \(ufpel.edu.br\)](https://discutindo.pesquisas do tipo intervencao pedagogica.pdf (ufpel.edu.br)). Acesso em: 11 nov. 2024.

DELIZOICOV, D.; AULER, D. Ciência, tecnologia e formação social do espaço: questões sobre a não-neutralidade. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 247-273, nov., 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37690>. Acesso em: 06 jan. 2025.

DELIZOICOV, D. et al. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 19, jun., 2002, p. 52-69. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10054>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DE SOUZA, B. A.; MARTINS, A. F. P. Um panorama da epistemologia de Ludwik Fleck em periódicos brasileiros da área de pesquisa em ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia**. Cerro Largo, v. 4, n. 6, p. 84-105, set./dez., 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355176671_Um_panorama_da_epistemologia_de_Ludwik_Fleck_em_periodicos_brasileiros_da_area_de_pesquisa_em_ensino_de_ciencias. Acesso em: 11 nov. 2024.

Dicionário de Bolso Langenscheidt [Taschenwörterbuch]. Portugiesische-Deutsch, Deutsch-Portugiesisch. Stuttgart: Langenscheidt, 2015.

FLECK, L. **Genesis and development of a scientific fact**. Chicago: The University of Chicago, 1979.

_____. [1935]. **Entstehung und entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache**: Einführung in die Lehre vom denkstil und denkkollektiv. 2 ed. Frankfurt: Suhrkamp, 1980.

_____. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FLECK, Ludwik Zentrum. **Ludwik Fleck**. Disponível em: [Ludwik Fleck • Ludwik Fleck Zentrum \(ethz.ch\)](https://ludwikfleck.ethz.ch). Acesso em: 23 nov. 2025.

FLÔR, C. C. A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da tabela periódica numa perspectiva fleckiana. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 31, n. 4, p. 246-250, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbrq.org.br/online/qnesc31_4/05-HQ-0409.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

FORATO, T. C. M. A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. **Tese** (Doutorado em Educação). São Paulo: FEUSP, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24092009-130728/pt-br.php>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Preparação de professores para problematização da pseudo-história em materiais didáticos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. extra, p. 1316-1321, 2013. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307153>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. História e natureza das ciências: elementos implementados na formação de professores. In: SILVA, A.P.B.; MOURA, B. A. (Eds.). **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos**: contribuições da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2019, p. 227-263. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/5dczv/pdf/silva-9786586221664-08.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GABER, D. Descartes embodied: reading cartesian philosophy through cartesian science. Cambridge, 2001, p. 198. In: ESCOLA PARANAENSE DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 2023, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. **Webminicurso**: TOSSATO, C. R.; SILVA, P. T.; BARRA, E. S. O. Três visões de mundo que revolucionaram a ciência: Kepler, Descartes e Newton. Curitiba: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2023. Disponível em: https://reunioes.sbpnet.org.br/75RA/lista_mc.php. Acesso em: 11 nov. 2024.

GANDRA, L. P.; SOARES, A. C.; PASTORIZA, B.S. Contribuições da epistemologia de Fleck para pesquisas no ensino de química. In: ENCONTROS DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 43, 2024. **Anais** Dos Encontros De Debates Sobre o Ensino de Química (EDEQ), n. 43, 2024. Disponível em: [Contribuições da epistemologia de Fleck para pesquisas no Ensino de Química | Anais dos Encontros de Debates sobre o Ensino de Química - ISSN 2318-8316](https://reunioes.sbpnet.org.br/75RA/lista_mc.php). Acesso em: 30 nov. 2025.

GIL-PÉREZ, et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GÓIS, P.; BAGDONAS, A.; GUERRA, A. História da física nuclear: uma análise ética. In: ENCONTRO SUL MINEIRO EM HISTÓRIA, FILOSOFIA E ENSINO DE CIÊNCIAS, 2, 2024, Universidade Federal de Itajubá (Unifei). **Anais...** Itajubá: Anais do Encontro Sul Mineiro em História, Filosofia e Ensino de Ciências (ESMHFEC), 2024. Disponível em: <https://periodicos.unifei.edu.br/index.php/esmhfec/issue/archive>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GUERRA, A.; PERON, T. História da ciência e ensino: discutindo fronteiras. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18, 2022, Universidade de São Paulo (USP). **Minicurso...** São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct-193586/>. Acesso em: 26 maio 2025.

GURGEL, I. Reflexões político-curriculares sobre a importância da história das ciências no contexto da crise da modernidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 333-350, ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p333>. Acesso em: 11 nov. 2024.

HAHN, H.; NEURATH, O.; CARNAP, R. A concepção científica do mundo: o círculo de Viena. Dedicado a Moritz Schlick. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Campinas, v. 10, n.1, p. 5-20, 1986. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1220>. Acesso em: 06 fev. 2025.

HESSEN, B. **The social and economic roots of Newton's 'Principia'**. Tradução de João Zanetic e Maria Regina D. Kawamura. Bukharin: Franks Cass Co. Ltd, n.1, 1971. p. 147-212. Disponível: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-9604-4_2. Acesso em: 11 nov. 2024.

HIDALGO, M. R.; LORENCINI Jr., A. Reflexões sobre a inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**. São Paulo, v. 14, n. 1, p. 19-38, 2016. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/26106>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. **Science & Education**, Dordrecht, v. 20, p. 591-607, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-010-9293-4>. Acesso em: 25 ago. 2025.

_____. New Directions for Nature of Science Research. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, p. 999-1021, 2014. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7654-8_30. Acesso em: 25 ago. 2025.

JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q., A leitura de representações imagéticas sob a concepção de observação de Norwood Hanson e sob o olhar do relativismo de Paul Feyerabend... In: **Anais** do XI Encontro Nacional de Pesquisa na Educação em Ciências. Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0621-1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KAVALEK, D. S. et al. Filosofia e história da química para educadores em química. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces. São Paulo, v. 12, p. 1-13, 2015. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/21917>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KELLER, A. J. MICHAELIS: minidicionário alemão. Alemão-português, português-alemão. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2002.

KOYRÉ, A., 1892-1964. **Estudos de história do pensamento científico**. Alexandre Koyré. [Tradução: Márcio Ramalho]. 3 ed. Rio de Janeiro: Forense, 2011.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana**: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental. Rio de Janeiro: Edições 70, 1957.

_____. **¿Qué son las revoluciones científicas?** Y otros ensayos. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1989.

_____. **A estrutura das revoluções científicas**. 5 ed. São Paulo: Editora Perspectiva, [1962] 2011.

_____. (1922-1996). **O caminho desde A estrutura**: ensaios filosóficos 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica. 2 ed. São Paulo: Editora Unesp, 2017.

LAMBACH, M.; MARQUES, C. A. Lavoisier e a influência nos estilos de pensamento químico: contribuições ao ensino de química contextualizada sócio historicamente. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**. v. 14, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4280>. Acesso em: 11 nov. 2024.

LATOUR, B. **A esperança de pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. São Paulo: Editora UNESP, 2017.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of a research. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/TEA.3660290404>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LEDERMAN, N. G.; WADE, P. D.; BELL, R. L. Assessing the nature of science: what is the nature of our assessments? **Science & Education**, v. 7, n. 6, p. 595-615, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_12. Acesso em: 25 ago. 2025.

LEDERMAN, N. et al. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learner's conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.10034>. Acesso em: 11 nov. 2024.

LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4274>. Acesso em: 12 nov. 2024.

LOGUERCIO, R. Q.; DEL PINO, J. C. Contribuições da História e da Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **Acta Scientiae**. Canoas, v.8, n.1, p. 67-77, jan./jun., 2006. Disponível: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143201>. Acesso em: 11 nov. 2024.

LORENZETTI, L.; MUECHEN, C.; SLONGO, I. I. P. A recepção da epistemologia de Fleck pela pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 15, n. 3, set./dez., 2013, p. 181-197. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/HPtNKZkPdKf9gPNtQLVxcVB/?format=pdf>. Acesso em 11 nov. 2024.

_____. A crescente presença da epistemologia de Ludwik Fleck na pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 11, n. 11, jan./abril, 2018, p. 373-404. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbct/article/view/6041>. Acesso em: 11 nov. 2024.

LÖWY, I. Ludwik Fleck e a presente história das ciências. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 7-18, jul./out., 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/C8WDrxMNvW6nG69mXdbGt5N/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MACHADO, H. Alexandre Koyré e o Círculo de Viena: o pensamento em debate. **Revista de História**. Edição 21, v. 8, n. 2. maio/ago. 2016. Disponível: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/temporalidades/article/view/198461502118>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MARKO, G.; PATACA, E. M. Concepções de ciência e educação: contribuições da história da ciência para a formação de professores. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 45, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/gj7mNCT4XzdfvTRN8JkDrgc/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 24, n.1, p. 112-131, abril, 2007. Disponível: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p703>. Acesso em: 25 ago. 2025.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. A epistemologia de Fleck: uma contribuição ao debate sobre a natureza da ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 237-264, maio, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n1p237>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual da reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Changing the focus: from nature of Science to features of Science. In: KHINE, M. S. (ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer, 2012. Disponível em: <https://www.bu.edu/hps-scied/files/2012/10/Matthews-HPS-Changing-the-Focus-From-Nature-of-Science-to-Features-of-Science.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2024.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-007-9081-y>. Acesso em: 25 ago. 2025.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação**. Bauru, v. 26, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-007-9081-y>. Acesso em: 25 ago. 2025.

MENEZES, A. C. R.; CHAVES, B. S. **A historicidade do benzeno**: a construção de um artefato tecnocientífico. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18, Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, setembro de 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct/> e <https://www.youtube.com/watch?v=Gk69PSzcfhk>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MORAES, R. **Análise de conteúdo**. Revista Educação. Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MORAIS, L. F. R.; MAESTRO FILHO, A.; DIAS, D. V. O paradigma weberiano da ação social: um ensaio sobre a compreensão do sentido, a criação de tipos ideais e suas aplicações na teoria organizacional. **RAC**, v. 7, n. 2, abril/jun., p. 57, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/NfWKmnLVByZ4tpfwdLwzRMn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

_____. **Teorias da aprendizagem.** Marcos Antônio Moreira (Org.) 2^a ed. São Paulo: E.P.U, 2019.

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. Disponível em: https://www.sbcc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1932. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. **Por que estudar história da ciência?** ScienceArena, 12.09.2024. Disponível em: www.sciencearena.org/ensaios/por-que-estudar-historia-da-ciencia/. Acesso em: 12 out. 2024.

MOURA, C. B. O ensino de ciências e a justiça social: questões para o debate. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Florianópolis, v. 36, n. 1. p. 1-7, abril 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n1p1>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Science education research practices and its boundaries: on methodological and epistemological challenges. **Cultural Studies of Science Education.** Maio, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349296659_Science_education_research_practices_and_its_boundaries_on_methodological_and_epistemological_challenges. Acesso em: 11 nov. 2024.

MUSEU DO HOLOCAUSTO. **@museudoholocausto.** Não paginado. Disponível em: <<https://vm.tiktok.com/ZMS3hU6Es/>> e <<https://vm.tiktok.com/ZMS3hU6Es/>>. Acesso em: 29 jul. 2025.

NARDI, R. A área de ensino de ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros. 2005. 170f. **Tese** (Livre Docência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005. Disponível: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2013/quimica_artigo_s/area_ensin_brasil_tese_livre_docenc_nardi.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

NOBRE-DA-SILVA, N. A.; SILVA, R. R. A epistemologia fleckiana na produção acadêmica brasileira: balanço analítico no período 2016-2020. **Revista Nova Paideia: Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa.** Brasília, v. 3, n. 1, p. 3-25, 2021. Disponível: <https://ojs.novapaideia.org/index.php/RNIEP/article/view/64>. Acesso em: 11 nov. 2024.

NOGUEIRA, F. S. Ciência e linguagem: Fleck e o estilo de pensamento como rede de significados na ciência. 2012. 134 f. **Dissertação** (Mestrado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8YYQXG/1/disserta_o_arquivos_reunidos_.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. **Ludwik Fleck e o círculo de Viena**: história, ciência e linguagem. Curitiba: Appris Editora, 2021. 145 p.

NOGUEIRA, H. S. A.; PORTO, P. A. Entre tipos e radicais: a construção do conceito de valência. **Química Nova**, São Paulo, v. 42. n. 1, p. 117-127, nov. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QnjMYMNrvvSTgfVWDNDDfBh/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OKI, M. C.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MVJ3vF8LZsVwm8dpqTcWjgt/abstract/?lang=pt#> Acesso em: 11 nov. 2024.

OKI, M. C. Paradigmas, crises e revoluções: a história da química na perspectiva kuhniana. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 20, p. 32-37, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc20/v20a06.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

_____. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/r3HHTxb6FvC8bZYchZsMymD/#>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLIVEIRA, D. C. Análise de conteúdo temático-categorial: uma proposta de sistematização. **Revista Enfermagem da UERJ**, v. 16, n. 4, p. 569-576, out./dez., 2008. <https://es.scribd.com/document/251780235/Analise-de-conteudo-tematico-categorial-uma-proposta-de-sistematizacao>. Acesso em: 17 dez. 2024.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 184-196, dez., 1996. Disponível em: <https://share.google/2leUQLoTrDLWe5tuK>. Acesso em? 23 nov. 2025.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA**: a documentary history. Corvallis: Special Collections and Archies Research Center. Oregon State University (OSU) Libraries, s.d., (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/index.html>. Acesso em: 22 jan. 2025.

PARREIRA, M. M. M. Ludwik Fleck e a historiografia da Ciência: diagnóstico de um estilo de pensamento segundo as ciências da vida. 2006. 204 f. **Dissertação** (Mestrado em História) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/VCSA-6XTGF7/1/disserta ao m rcia maria martins parreiras.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma história do antiatomismo: possibilidades para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v; 40, n. 1, p. 19-24,

fev., 2018. Disponível em: http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc40_1/05-HQ-28-17.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

PEREIRA, L. S. et al. Wilhelm Ostwald para além do antiatomismo. **Química Nova**. São Paulo, v. 44, n. 2, p. 256-266, 2021. Disponível em: <https://quimicanova.sbj.org.br/pdf/AG2020-0315>. Acesso em: 30 dez. 2024.

PRADO, L.; TRENTIN, L. M. História e filosofia da ciência para o ensino de química: analisando dez anos de trabalhos acadêmicos e sua usabilidade no ensino básico. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces. São Paulo, v. 22, p. 03-28, 2020. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/49686>. Acesso em: 11 nov. 2024.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 10 ed. São Paulo: Editora Cultrix, [1935] 1972.

POPPER, K. **The logic of scientific discovery**. 6 ed. New York: Routledge Classics, [1959] 2002.

RAMALHO, V. G. A concepção herdada da filosofia da ciência e o modelo kuhniano. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 17, 2020. Rio de Janeiro, RJ. **Anais eletrônico** 17º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia (17SNHCT). São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2020. Disponível em: https://www.sbhct.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=606. Acesso em: 24 nov. 2025.

REIS, P. Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. **Interacções**. Santarém, v. 1, n. 4, p. 64-107, jan., 2006. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/321>. Acesso em: 11 nov. 2024.

REZENDE, M. **DNA**: a construção social da descoberta. Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkam18&t=36s>. Acesso em: 20 ago. 2023.

RODA, R.; MARTINS, R. A. Uma disputa sobre o sentido da natureza da ciência: uma análise da crítica de Michael Matthews à visão consensual de Norman Lederman. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 27, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/kbfVySjPwhDw9ccbMXzmvjF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 06 nov. 2024.

ROZENTALSKI, E. F. Indo além da natureza da ciência: o filosofar sobre a química por meio da ética química. 2018. 432f. **Tese** (doutorado)- Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo, 2018. Disponível: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-16072018-141205/pt-br.php>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SAITO, F. “Continuidade” e “descontinuidade”: o processo da construção do conhecimento científico na história da ciência. **Revista da FAEEBA**: Educação e Contemporaneidade. Salvador, v. 22, n. 39, p.183-194, jan./jun., 2013. Disponível

em : <http://educa.fcc.org.br/pdf/faeeba/v22n39/v22n39a18.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

SALOMON, M. Alexandre Koyré: nota sobre sua trajetória intelectual. In: SALOMON, Marlon. **Alexandre Koyré**: historiador do pensamento. Goiânia: Almeida & Clement, 2010.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov., 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, dez., 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833>. Acesso em: 11 out. 2024.

SCHÄFER, L; SCHNELLE, T. Introdução: fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In: Fleck, Ludwik. **Gênesis e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5CZ5MDGqznkmnqzRFQbdyhg/#>. Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/470/272>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SCHMIDT, T. W. *et al.* The electronic structure of benzene from a tiling of the correlated 126-dimensional wavefunction. **Nature Communications**, Sydney, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15039-9>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**. São Paulo, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/KFnNCTj73v88VvnS4hGRDc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2024.

SCHWINDEN, L. F. Sociologia da ciência versus filosofia da ciência: o debate acerca do Programa Forte. 2010. 243 f. **Tese** (Doutorado em Filosofia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93946>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 21 ed. São Paulo: Cortez, 2000.

_____. A pesquisa na pós-graduação em educação. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos, v. 1, n. 1, p. 31-49. set., 2007. Disponível em: <https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/download/4/4/18>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, B. V. C. et al. As necessidades formativas do professor de ciências ao inserir a história e a filosofia da ciência na sala de aula: o uso dos textos históricos de natureza pedagógica. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 4, n. 2, jul./dez., 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/10253851>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, E. C. C.; AIRES, J. A. Análise das visões sobre a natureza da ciência em produções científicas que reportam a livros didáticos. **Filosofia e História da Biologia**. São Paulo, v. 9, n. 2, p. 141-160, 2014. Disponível em: https://www.abfib.org/FHB/FHB-09-2/FHB-9-2-02-Elda-C-C-da-Silva_Joanez-A-Aires.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

SILVA, F. A. A ordem cartesiana em Alexandre Koyré. In: CONDÉ, M. L. L.; SALOMON, M. (Orgs). **Alexandre Koyré**: História e Filosofia das ciências. 1ª ed. Belo Horizonte, MG.: Traço fino, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/108891528/Cond%C3%A9_Mauro_L_Salomon_Marlon_Org_2015_Alexandre_Koyr%C3%A9_Hist%C3%B3ria_e_Filosofia_das_Ci%C3%Aancias?email_work_card=title. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, F. A. Combates de Alexandre Koyré: por uma história do pensamento científico. 2015. 207 f. **Tese** (Programa de Pós-Graduação em História), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015. Tese. p. 106. Disponível em: <http://historia.fafich.ufmg.br/defesas/245D.PDF>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, A. A; VIANA, A; JUSTINA, L. A. D., Um estudo sobre o DNA no Ensino Médio: História da Ciência e CTS. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 11, n. 2. 2016. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID315/v11_n2_a2016.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e domínio do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 23, p. 20, nov., 2021. Disponível em: doi.org/10.1590/1983-21172021230129. Acesso em: 10 nov. 2025.

SOUZA, B. M.; SOUZA, J. P. S.; BALDINATO, J. O. Experimentos históricos nos livros didáticos: implicações para o ensino de química. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 40, n. 2, p. 357-391, ago., 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/93230>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SOUZA, I. L. N; AIRES, J. A. Potencialidade da obra de Fleck para a área de educação em ciências. **Actio: Docência em ciências. Anais da III Semana das Licenciaturas**, Curitiba, out., p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/10751>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SOUZA, I. L. N. A construção coletiva da ligação covalente por Linus Pauling, Gilbert N. Lewis, Irving Langmuir: um estudo sobre a emergência de um fato científico. 116f. **Dissertação** (Educação em Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/68899>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SOUZA, I. L. N.; LORENZETTI, L.; AIRES, J. A. A educação Ciência, Tecnologia e Sociedade enfatizada na temática ligações químicas: uma análise em livros de química do ensino médio. **Revista Debates em Ensino de Química**. Recife, v. 6, n. 1, p. 30-52, 2020. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2788>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. A construção coletiva sobre as séries infinitas por Leibniz e Newton. **Revista Brasileira em Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 300-323, set./dez., 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/9303/pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

_____. A construção coletiva da ligação química por químicos: um estudo sobre a emergência de um fato científico. **Revista Brasileira de História da Ciência**. São Paulo, v. 15, n.2, p. 516-540, jul./dez., 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.53727/rbhc.v15i2.753>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SOUZA, I. L. N.; SILVA, E. P.; AIRES, J. A. O papel de Newton na alquimia. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA, 18, 2022, São Paulo, SP. **Anais do 18º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, p. 403-414, 2022. Disponível em: https://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=606. Acesso em: 26 maio 2025.

_____. A. Visões de ciência em Fleck: contribuições para a compreensão da natureza da ciência no ensino de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 21, 2023, Uberlândia, MG. **Anais do XXI Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Ensino de Química, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxieneq2022/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

SOUZA, I. L. N. *et al.* A construção social do conhecimento e da aprendizagem: uma relação possível. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM

CIÊNCIAS, 14, 2023, Caldas Novas, Goiás. **Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/93489>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. Uso de um episódio histórico como estratégia para o ensino sobre ciência: contribuições a partir de Fleck. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 17, Edição Especial, p. 1-21, 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/17021/pdf>. Acesso em: 13 out. 2024.

_____. Use of a historical episode to teach about science: contributions from Fleck. **Brazilian Journal of Science and Technology Teaching**. Ponta Grossa, v. 17, Special Edition, p. 1-21, 2024. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/17021/pdf_1. Acesso em: 13 out. 2024.

_____. Episódio histórico: artefatos químicos e a historicidade do benzeno. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 22, 2024, Belém, PA. **Anais do XXII Encontro Nacional de Ensino de Química** (ENEQ). São Paulo: Sociedade Brasileira de Ensino de Química, 2024. Disponível em: www.even3.com.br/xxieneq/. Acesso em: 30 dez. 2024.

_____. Análise dos experimentos presentes nos livros didáticos de química selecionados pelo PNLD 2018. **Revista Debates em Ensino de Química**. Recife, v. 10, n.1, p. 344-363, 2024. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2657>. Acesso em: 20 jan. 2025.

_____. A história da ciência e educação CTS na formação de professores de química: Relato de aula a partir da prática em docência. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 22, 2024, Belém, PA. **Anais do XXII Encontro Nacional de Ensino de Química** (ENEQ). São Paulo: Sociedade Brasileira de Ensino de Química, 2024. Disponível em: [https://www.even3.com.br/xxieneq/](http://www.even3.com.br/xxieneq/). Acesso em: 06 fev. 2025.

UNESCO. A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação. Brasília, 2003. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131550_por. Acesso em: 05 ago. 2025.

URQUIZA, M. A.; MARQUES, D. B. Análise de conteúdo em termos de Bardin aplicada à comunicação corporativa sob o signo de uma abordagem teórico-empírica. **Entretextos**. Londrina, v. 16, n. 1, p.115-144, jan./jun., 2016. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/entretextos/article/view/20988/20014>>. Acesso em 17 dez. 2024.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wDvDPF9X9LjwmnFMqYPRwyP/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 11 nov. 2024.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L da; BEJARANO, N. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v.35, n. 2, p. 84-91, maio, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf. Acesso em: 11 out. 2024.

WATSON, J. D. **A dupla hélice**: como descobri a estrutura do DNA. Tradução Rachel Botelho. Zahar: Rio de Janeiro, 2014.

WATSON, J. D.; CRICK, F.H.C. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**. n. 4356, april, 1953. Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5662058/mod_resource/content/0/Molecular%20Structure%20of%20nucleic%20acids%20Watson%20e%20Crick1953.pdf. Acesso em: 16 nov. 2024.

WENGER, E. Uma teoria social da aprendizagem. In: ILLERIS, Knud (ed.). **Teorias Contemporâneas da Aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2013, 280 p.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. (Trad.) Ernanni F. da Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZATERKA, L. Os limites do projeto epistemológico de Robert Boyle: as verdades acima da razão. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**. Campinas, Série 3, v. 12, n. 1-2, p. 209-223, jan./dez., 2002. Disponível em:
<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/696/584>. Acesso em: 25 out. 2024.

_____. **A autonomia do conhecimento químico e seus desdobramentos filosóficos**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18., Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência e da Tecnologia, setembro de 2022, p. 278. Disponível em:
<https://www.even3.com.br/18snhct/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

APÊNDICE A - AULAS APLICADAS

AULA 01 – CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA

(LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS)

Nas questões a seguir, julgue as alternativas de acordo com a escala de 1 a 5, sendo 1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

1. Quando você pensa sobre ciência, como a entende? Como se faz ciência? Quem faz ciência? Para que serve a ciência?

i. Como você entende a ciência?

- () A ciência é o estudo que abrange somente as áreas como Biologia, Química, Física, Geociências, porque estas áreas seguem o método científico.
- () A ciência é a busca pela resolução de problemas de interesse da humanidade, tais como sociais, econômicos e políticos. A produção científica pode utilizar diferentes métodos e teorias, além de ser construída por várias pessoas.
- () A ciência é uma construção humana, mas pode ser realizada até mesmo por uma única pessoa, desde que esta seja curiosa, tenha ideias geniais e utilize o método científico para desenvolver os conhecimentos.
- () A ciência é uma construção social, não possui neutralidade, pois no desenvolvimento do conhecimento científico estão envolvidos interesses sociais, culturais, econômicos e políticos.

ii. Como se faz ciência?

- () Se faz ciência conhecendo a natureza, observando-a para que se extraiam as informações do objeto de estudo.
- () Se faz ciência por meio do método científico, que é útil em muitas situações, mas não garante resultados infalíveis. Portanto, os(as) cientistas usarão teorias já conhecidas para interpretar seus resultados, podendo usar também a originalidade e a criatividade.
- () Utilizando o método científico, pois este garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, os(as) cientistas seguem as etapas do método científico.
- () O conhecimento científico é construído por meio de idas e vindas, erros e acertos em experimentos e teorias, sendo necessário ajustá-las, podendo ocorrer discordâncias e rivalidades entre cientistas. Portanto, compreender o percurso histórico de como determinado fato científico foi desenvolvido é fundamental para compreender a ciência.

iii. Quem faz ciência?

() A ciência é uma organização de pessoas - chamadas de cientistas- que se organizam em grupos de pesquisa, trocam informações entre si e têm boas ideias, porém, o ponto em comum é que todas(os) cientistas seguem rigorosamente o método científico para realizar novos conhecimentos.

() Essencialmente, quem faz a ciência é o trabalho coletivo de cientistas, pois ainda que um cientista pudesse ter intelecto e possuísse todos os equipamentos mais modernos, sozinho não supera a capacidade do coletivo de cientistas para compreender o conhecimento.

() Quem faz ciência são pessoas altamente especializadas em suas áreas de atuação de pesquisa. Geralmente, os cientistas são pessoas com melhores condições sociais, são mais idosos(as), em sua maioria são do gênero masculino.

() Qualquer pessoa pode formar-se cientista, independente da sua condição social, racial ou de gênero, desde que obtenha diploma reconhecido pelo Ministério da Educação em Instituição de Ensino Superior igualmente reconhecida. Vale ressaltar que são essenciais oportunidades de ingresso para todos na universidade e, inclusive, oportunidade de ingresso nos grupos de pesquisa, na iniciação científica e na pós-graduação, sem que haja discriminação.

iv. Para que serve a ciência?

() A ciência serve para explorar o desconhecido e descobrir novos conhecimentos regidos por princípios, leis, teorias, que explicam sobre o nosso mundo e como ele funciona, por meio da matéria, energia e vida.

() O objetivo da ciência é encontrar e usar o conhecimento, construído ao longo dos anos, para fazer deste mundo um melhor lugar para se viver. Como por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição, aprimorando a agricultura e melhorando a qualidade de vida.

() A ciência nos serve para compreensão do Universo, como numa visão geral e sistemática. Embora muitos conteúdos científicos sejam apresentados de maneira fragmentada (divisão parcelar de estudo) com caráter limitado, compreender a ciência a partir de uma visão global e sistemática nos traz interpretações mais realistas dos fenômenos naturais.

() Para que a ciência sirva a humanidade ela precisa ser sempre neutra, desprovida de interesses particulares. Como exemplo, os valores pessoais, políticos, religiosos, culturais e sociais não afetam o trabalho científico, já que para se fazer ciência é utilizado um roteiro metodológico bem definido previamente.

2) Leia o trecho sobre a história do DNA.

QUADRO 24 - Conhecimentos Prévios: A História do DNA

A construção social do DNA

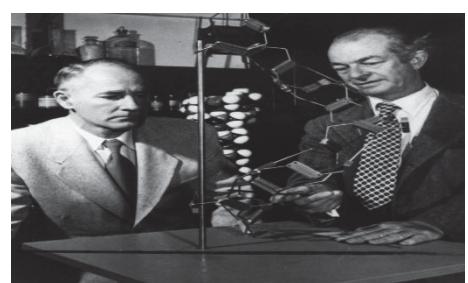
O cientista James Watson (1928-) foi ganhador do prêmio Nobel de 1962 junto com Francis Crick (1916-2004) (e com posterior laureação a Maurice Wilkins [1916-2004]). A premiação ocorreu devida publicação da estrutura do DNA em 1953, na Revista Nature – uma revista científica internacional muito renomada. Tal publicação foi bem aceita na comunidade científica, uma vez que na época (início do século XX) não se sabia que a molécula do DNA poderia ser complexa como a que foi apresentada. Após publicação da estrutura do DNA, foi possível o desenvolvimento da Biologia Molecular e da Genética no Século XX.



Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) acreditava que iria trabalhar sozinha com o DNA, apenas com a ajuda de seu assistente Raymond Gosling. No entanto, Maurice Wilkins entendia que ela havia sido contratada para ser a sua assistente. Em 1952, Franklin pesquisou as imagens de Raios-X da forma A do DNA e Watson e Crick obtiveram acesso aos dados experimentais e, posteriormente, publicaram suas conclusões sem o conhecimento de Rosalind. Tal fato aconteceu

em janeiro de 1953, o assistente de Rosalind (Gosling) entregou uma cópia da foto a Wilkins e este a mostrou a Watson. Mais além, em agosto de 1956, Rosalind Franklin foi diagnosticada com um câncer de ovário e faleceu em abril de 1958, sem nenhum reconhecimento por seu trabalho.

O químico americano Linus Pauling (1901-1994) também pesquisou sobre a estrutura responsável pela hereditariedade. No entanto, duas barreiras o impediram de ter a prioridade para a publicação da dupla hélice: primeiro por não ter acesso às fotografias do DNA (fotos estas obtidas por Rosalind Franklin), as quais possibilitariam melhor visualização desta estrutura, pois Wilkins o impediu desse acesso devido à concorrência entre cientistas na corrida pelo DNA. E a segunda, por acreditar que as estruturas das proteínas eram mais complexas que as dos ácidos nucléicos. Na parte escrita, tudo que apresentava ácido nucleico, Pauling alterou para nucleoproteína. Até meados do século XX (~1950), a comunidade científica considerava que quem carregava as características genéticas eram as proteínas. Somente em 1940 houve as primeiras considerações do DNA como uma estrutura complexa o bastante para carregar as informações herdáveis. Deste modo, compreende-se que Linus Pauling errou o foco de análise no seu estudo ao investir mais tempo e esforços nas proteínas e não no DNA.



FONTE: OSU Libraries (s.d.); Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005); Silva, Viana e Justina (2016).

- a) () James Watson foi um cientista importante na história do DNA, mas suas ideias pessoais não precisam ser levadas em consideração, pois estas não interferem no método científico e, por conseguinte na análise de sua pesquisa.
- b) () Watson e Crick elaboraram a dupla hélice e publicaram por primeiro, antes de outros nomeados cientistas. Esse fato nos mostra como cientistas mais jovens são capazes de perceber fatos novos na ciência com maior rapidez que aqueles que já estão mais acostumados com as teorias já consolidadas.
- c) () A história do DNA mostra um quadro de forças, disputas e hierarquias na comunidade científica, pois houve disputas tanto para a publicação como na busca por reconhecimento científico. Tanto que os nomes de Maurice e Rosalind ficaram em segundo plano, como se a presença deles não fosse importante, supondo-se que Watson e Crick conseguiram resolver a estrutura do DNA sem a colaboração deles.
- d) () Após a estrutura do DNA ter sido elucidada, não houve mais alterações no seu modelo e certamente não haverá mais alterações neste modelo daqui para frente.
- e) () Os(as) cientistas, enquanto comunidade, cumprem um conjunto de regras, normas, costumes ao fazer a ciência, contudo ideias divergentes entre eles podem aparecer e aos poucos modificar a maneira de como percebem determinados fatos científicos.
- f) A ciência apresenta-se neste episódio como uma construção social, pois foi após junção das áreas da biologia, da química e da física, num caráter interdisciplinar, que foi possível a compreensão da estrutura de dupla hélice do DNA.
- g) () Linus Pauling era um químico experiente nos anos de 1950, já era reconhecido academicamente por seus trabalhos com elucidações de estruturas químicas. No entanto, Pauling não pode perceber novos fatos, como a complexidade do DNA, persistindo na ideia da complexidade das proteínas.

AULA 01 – CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA

(LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS) - RESPOSTAS

Nas questões a seguir, julgue as alternativas de acordo com a escala de 1 a 5, sendo 1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

1 Quando você pensa sobre ciência, como a entende? Como se faz ciência? Quem faz ciência? Para que serve a ciência?

I. Como você entende a ciência?

() A ciência é o estudo que abrange somente as áreas como Biologia, Química, Física, Geociências, porque estas áreas seguem o método científico. (inadequada: Visão rígida, dogmática, referência ao método científico e visão exclusivamente analítica)

() A ciência é a busca pela resolução de problemas de interesse da humanidade, tais como sociais, econômicos e políticos. A produção científica pode utilizar diferentes métodos e teorias, além de ser construída por várias pessoas. (Adequada: pluralismo metodológico, coletivo, não neutralidade)

() A ciência é uma construção humana, mas pode ser realizada até mesmo por uma única pessoa, desde que esta seja curiosa, tenha ideias geniais e utilize o método científico para desenvolver os conhecimentos. (inadequada: individualista, elitista, método científico)

() A ciência é uma construção social, não possui neutralidade, pois no desenvolvimento do conhecimento científico estão envolvidos interesses sociais, culturais, econômicos e políticos. (Adequada: ciência influenciada por fatores externos, socialmente não neutra)

II. Como se faz ciência?

() Se faz ciência conhecendo a natureza, observando-a para que se extraiam as informações do objeto de estudo. (inadequada: Visão empírico-indutivista)

() Se faz ciência por meio do método científico, que é útil em muitas situações, mas não garante resultados infalíveis. Portanto, os(as) cientistas usarão teorias já conhecidas para interpretar seus resultados, podendo usar também a originalidade e a criatividade. (Adequada: observação influenciada pela teoria; Estilo de Pensamento – percepção direcionada)

() Utilizando o método científico, pois este garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, os(as) cientistas seguem as etapas do método científico. (inadequada: Visão rígida, dogmática)

() O conhecimento científico é construído por meio de idas e vindas, erros e acertos em experimentos e teorias, sendo necessário ajustá-las, podendo ocorrer discordâncias e rivalidades entre cientistas. Portanto, compreender o percurso histórico de como determinado fato científico foi desenvolvido é fundamental para compreender a ciência. (Adequada: caráter histórico e dinâmico da ciência, Mutações no Estilo de Pensamento)

III. Quem faz ciência?

() A ciência é uma organização de pessoas - chamadas de cientistas- que se organizam em grupos de pesquisa, trocam informações entre si e têm boas ideias, porém, o ponto em comum é que todas(os) cientistas seguem rigorosamente o método científico para realizar novos conhecimentos. (inadequada: visão rígida, dogmática, referência ao método científico)

() Essencialmente, quem faz a ciência é o trabalho coletivo de cientistas, pois ainda que um cientista pudesse ter intelecto e possuísse todos os equipamentos mais modernos, sozinho não supera a capacidade do coletivo de cientistas para compreender o conhecimento, uma vez que o coletivo possui o percurso histórico do conhecimento. (Adequado: Caráter coletivo da ciência, caráter histórico, Coletivo de Pensamento)

() Quem faz ciência são pessoas altamente especializadas em suas áreas de atuação de pesquisa. Geralmente, os cientistas são pessoas com melhores condições sociais, são mais idosos(as), em sua maioria do gênero masculino.

(inadequada: Elitista)

() Qualquer pessoa pode formar-se cientista, independente da sua condição social, racial ou de gênero, desde que obtenha diploma reconhecido pelo Ministério da Educação em Instituição de Ensino Superior igualmente reconhecida. Vale ressaltar que são essenciais oportunidades de ingresso para todos na universidade e, inclusive, nos grupos de pesquisa enquanto estudantes, por meio de iniciação científica, e/ou na pós-graduação. (Adequada: diversidade social, de gênero, racial)

iv. Para que serve a ciência?

() A ciência serve para explorar o desconhecido e descobrir novos conhecimentos regidos por princípios, leis, teorias, que explicam sobre o nosso mundo e como ele funciona, por meio da matéria, energia e vida. (inadequada: visão aproblemática, ahistórica)

() O objetivo da ciência é encontrar e usar o conhecimento, construído ao longo dos anos, para fazer deste mundo um melhor lugar para se viver. Como por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição, aprimorando a agricultura e melhorando a qualidade de vida. (inadequada: Acumulativa e de crescimento linear)

() A ciência nos serve para compreensão do Universo, como numa visão geral e sistemática. Embora muitos conteúdos científicos sejam apresentados de maneira fragmentada (divisão parcelar de estudo) com caráter limitado, compreender a ciência a partir de uma visão global e sistemática nos traz interpretações mais realistas dos fenômenos naturais. (Adequada: interdisciplinar)

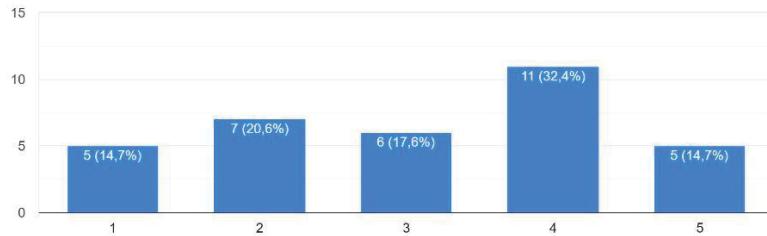
() Para que a ciência sirva a humanidade ela precisa ser sempre neutra, desprovida de interesses particulares. Como exemplo, os valores pessoais, políticos, religiosos, culturais e sociais não afetam o trabalho científico, já que para se fazer ciência é utilizado um roteiro metodológico bem definido previamente. (inadequada: socialmente neutra, referência ao método científico)

i. Como você entende a ciência?

1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

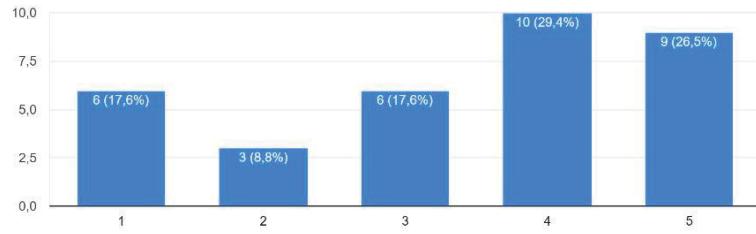
i. Como você entende a ciência? a) A ciência é o estudo que abrange somente as áreas como Biologia, Química, Física, Geociências, porque estas áreas seguem o método científico.

34 respostas



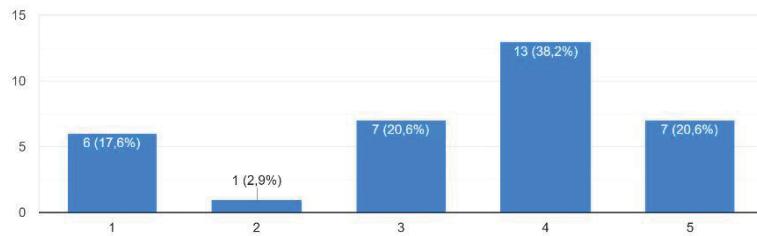
i. Como você entende a ciência? b) A ciência é a busca pela resolução de problemas de interesse da humanidade, tais como sociais, econômicos e pol...orias, além de ser construída por várias pessoas.

34 respostas



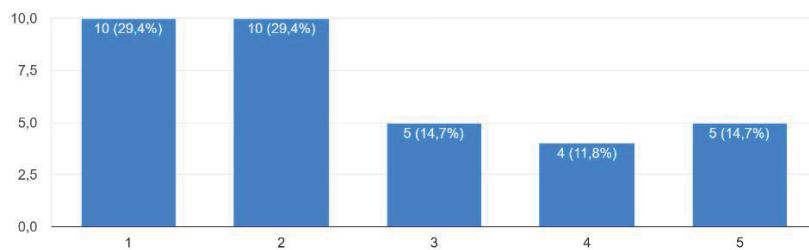
i. Como você entende a ciência? c) A ciência é uma construção humana, mas pode ser realizada até mesmo por uma única pessoa, desde que esta seja ...do científico para desenvolver os conhecimentos.

34 respostas



i. Como você entende a ciência? d) A ciência é uma construção social, não possui neutralidade, pois no desenvolvimento do conhecimento científico...resses sociais, culturais, econômicos e políticos.

34 respostas

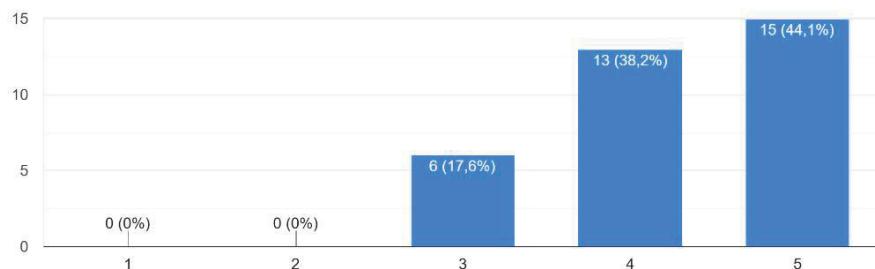


ii. Como se faz ciência?

1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

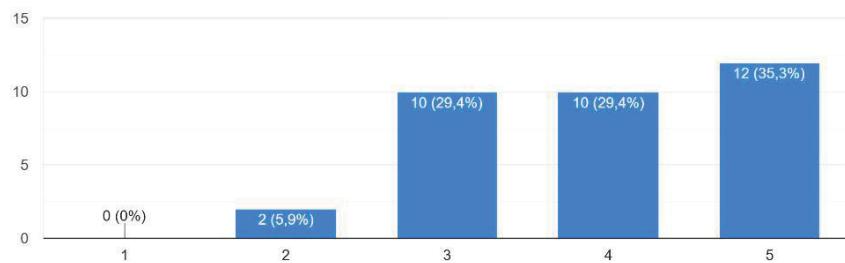
ii. Como se faz ciência? a) Se faz ciência conhecendo a natureza, observando-a para que se extraiam as informações do objeto de estudo.

34 respostas



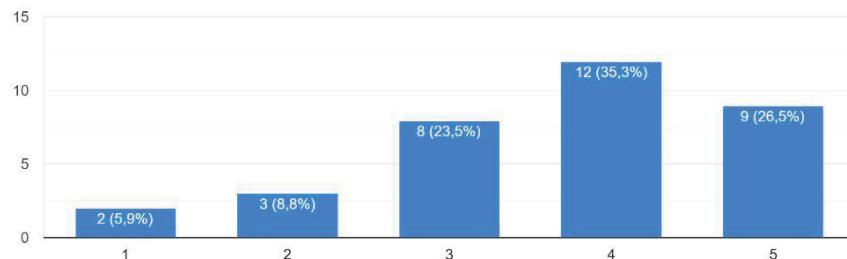
ii. Como se faz ciência? b) Se faz ciência por meio do método científico, que é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados infalíveis...endo usar também a originalidade e a criatividade.

34 respostas



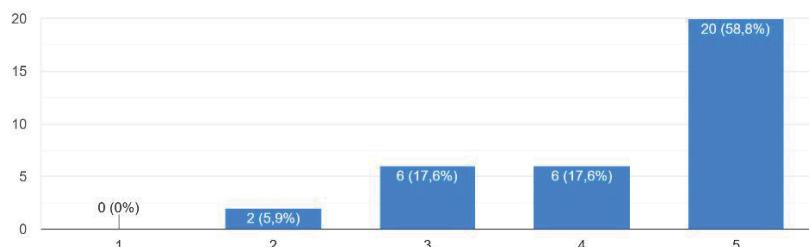
ii. Como se faz ciência? c) Utilizando o método científico, pois este garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, os(as) cientistas seguem as etapas do método científico.

34 respostas



ii. Como se faz ciência? d) O conhecimento científico é construído por meio de idas e vindas, erros e acertos em experimentos e teorias, sendo necess...olvido é fundamental para compreender a ciência.

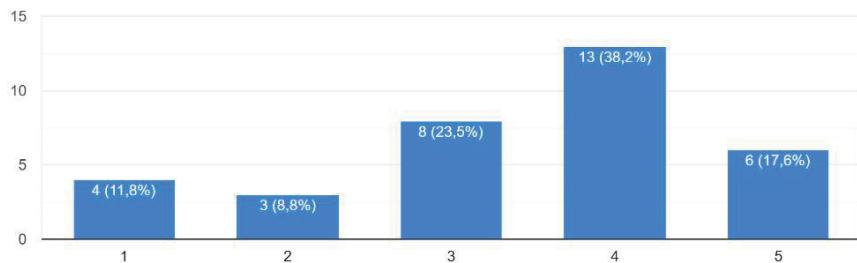
34 respostas



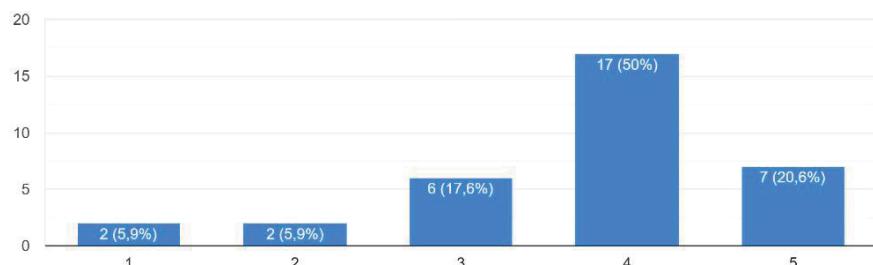
iii. Quem faz ciência?

1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

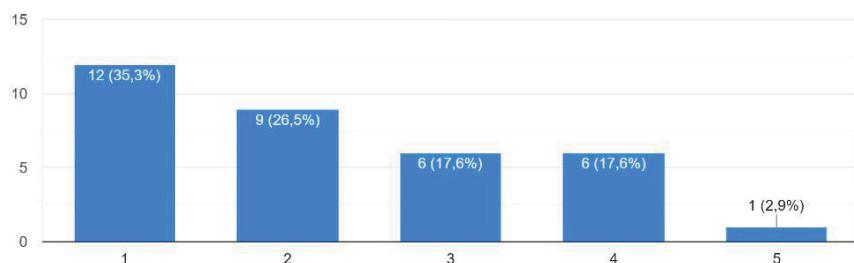
iii. Quem faz ciência? a) A ciência é uma organização de pessoas - chamadas de cientistas- que se organizam em grupos de pesquisa, trocam informações...do científico para realizar novos conhecimentos.
34 respostas



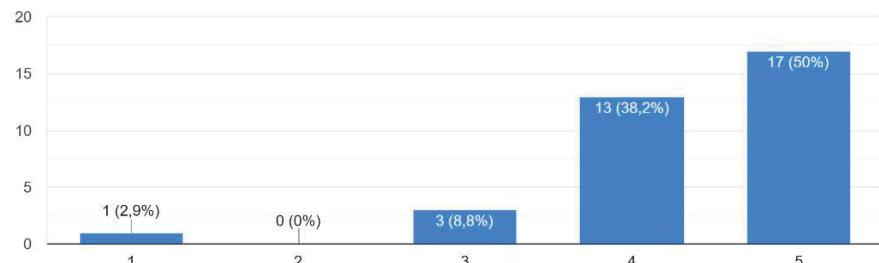
iii. Quem faz ciência? b) Essencialmente, quem faz a ciência é o trabalho coletivo de cientistas, pois ainda que um cientista pudesse ter intelecto...vo de cientistas para compreender o conhecimento.
34 respostas



iii. Quem faz ciência? c) Quem faz ciência são pessoas altamente especializadas em suas áreas de atuação de pesquisa. Geralmente, os cientistas sã...sos(as), em sua maioria são do gênero masculino.
34 respostas



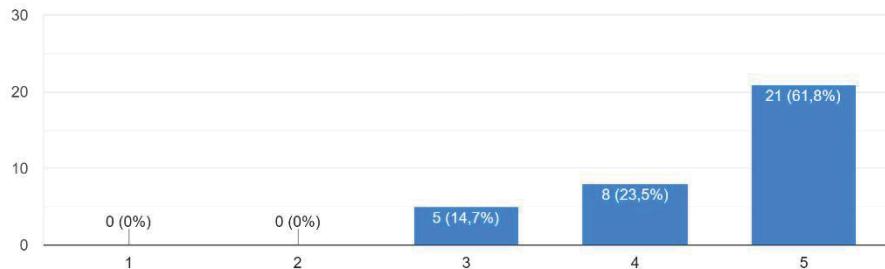
iii. Quem faz ciência? d) Qualquer pessoa pode formar-se cientista, independente da sua condição social, racial ou de gênero, desde que obtenha diploma... e na pós-graduação, sem que haja discriminação.
34 respostas



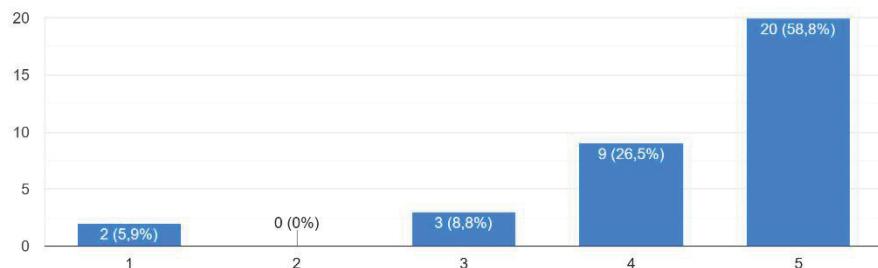
iv. Para que serve a ciência?

1 = Discordo totalmente; 2 = Discordo parcialmente; 3 = não discordo e não concordo; 4 = Concordo parcialmente; 5 = Concordo Totalmente.

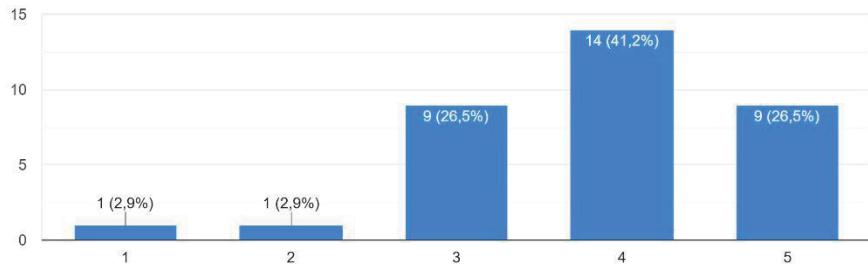
iv. Para que serve a ciência? a) A ciência serve para explorar o desconhecido e descobrir novos conhecimentos regidos por princípios, leis, teorias,...o ele funciona, por meio da matéria, energia e vida.
34 respostas



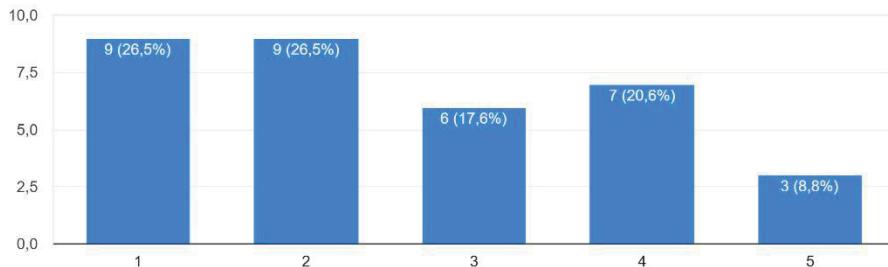
iv. Para que serve a ciência? b) O objetivo da ciência é encontrar e usar o conhecimento, construído ao longo dos anos, para fazer deste mundo um melh... a agricultura e melhorando a qualidade de vida.
34 respostas



iv. Para que serve a ciência? c) A ciência nos serve para compreensão do Universo, como numa visão geral e sistemática. Embora muitos conteúdo...pretações mais realistas dos fenômenos naturais.
34 respostas



iv. Para que serve a ciência? d) Para que a ciência sirva a humanidade ela precisa ser sempre neutra, desprovida de interesses particulares. Co...um roteiro metodológico bem definido previamente.
34 respostas



2) Leia o trecho sobre a história do DNA. RESPOSTAS

QUADRO 25 - Conhecimentos Prévios: A História do DNA (marca texto)

A construção social do DNA

O cientista James Watson (1928-) foi ganhador do prêmio Nobel de 1962 junto com Francis Crick (1916-2004) (e com posterior laureação a Maurice Wilkins [1916-2004]). A premiação ocorreu devida publicação da estrutura do DNA em 1953, na Revista Nature – uma revista científica internacional muito renomada. Tal publicação foi bem aceita na comunidade científica, uma vez que na época (início do século XX) não se sabia que a molécula do DNA poderia ser complexa como a que foi apresentada. Após publicação da estrutura do DNA, foi possível o desenvolvimento da Biologia Molecular e da Genética no Século XX.



Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) acreditava que iria trabalhar sozinha com o DNA, apenas com a ajuda de seu assistente Raymond Gosling. No entanto, Maurice Wilkins entendia que ela havia sido contratada para ser a sua assistente. Em 1952, Franklin pesquisou as imagens de Raios-X da forma A do DNA e Watson e Crick obtiveram acesso aos dados experimentais e, posteriormente, publicaram suas conclusões sem o conhecimento de Rosalind. Tal fato aconteceu

em janeiro de 1953, o assistente de Rosalind (Gosling) entregou uma cópia da foto a Wilkins e este a mostrou a Watson. Mais além, em agosto de 1956, Rosalind Franklin foi diagnosticada com um câncer de ovário e faleceu em abril de 1958, sem nenhum reconhecimento por seu trabalho.

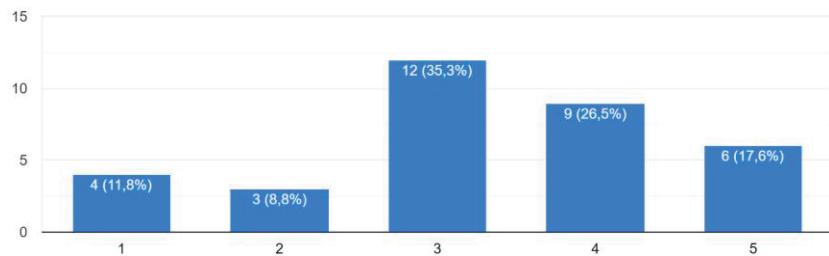


O químico americano Linus Pauling (1901-1994) também pesquisou sobre a estrutura responsável pela hereditariedade. No entanto, duas barreiras o impediram de ter a prioridade para a publicação da dupla hélice: primeiro por não ter acesso às fotografias do DNA (fotos estas obtidas por Rosalind Franklin), as quais possibilitariam melhor visualização desta estrutura, pois Wilkins o impediu desse acesso devido à concorrência entre cientistas na corrida pelo DNA. E a segunda, por acreditar que as estruturas das proteínas eram mais complexas que as dos ácidos nucléicos. Na parte escrita, tudo que apresentava ácido nucleico, Pauling alterou para nucleoproteína. Até meados do século XX (~1950), a comunidade científica considerava que quem carregava as características genéticas eram as proteínas. Somente em 1940 houve as primeiras considerações do DNA como uma estrutura complexa o bastante para carregar as informações herdáveis. Deste modo, compreende-se que Linus Pauling errou o foco de análise no seu estudo ao investir mais tempo e esforços nas proteínas e não no DNA.

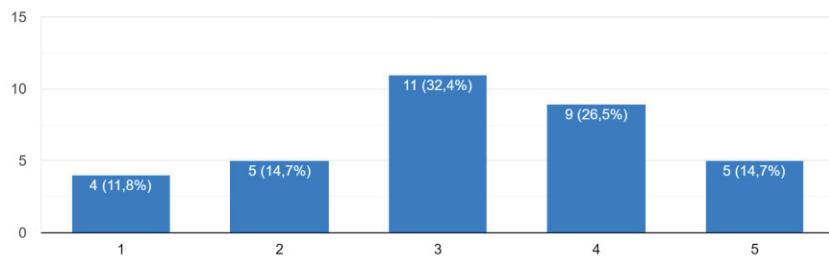
FONTE: OSU Libraries (s.d.); Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005); Silva, Viana e Justina (2016).

- a) () James Watson foi um cientista importante na história do DNA, mas suas ideias pessoais não precisam ser levadas em consideração, pois estas não interferem no método científico e, por conseguinte na análise de sua pesquisa. (Concepção empírico-indutivista, rígida, dogmática)
- b) () Watson e Crick elaboraram a dupla hélice e publicaram por primeiro, antes de outros nomeados cientistas. Esse fato nos mostra como cientistas mais jovens são capazes de perceber fatos novos na ciência com maior rapidez que aqueles que já estão mais acostumados com as teorias já consolidadas. (Emergência de um Fato Científico e Harmonia das Ilusões)
- c) () A história do DNA mostra um quadro de forças, disputas e hierarquias na comunidade científica, pois houve disputas tanto para a publicação como na busca por reconhecimento científico. (Controvérsias Científicas e caráter histórico e dinâmico na ciência) Tanto que os nomes de Maurice e Rosalind ficaram em segundo plano, como se a presença deles não fosse importante, supondo-se que Watson e Crick conseguiram resolver a estrutura do DNA sem a colaboração deles. (Círculo Esotérico; Circulação Intra e Intercoletiva de Ideias)
- d) () Após a estrutura do DNA ter sido elucidada, não houve mais alterações no seu modelo e certamente não haverá mais alterações neste modelo daqui para frente. (Ciência provisória)
- e) () Os(as) cientistas, enquanto comunidade, cumprem um conjunto de regras, normas, costumes ao fazer a ciência, contudo ideias divergentes entre eles podem aparecer e aos poucos modificar a maneira de como percebem determinados fatos científicos. (Coletivo de Pensamento e Estilo de Pensamento)
- f) A ciência apresenta-se neste episódio como uma construção social, pois foi após junção das áreas da biologia, da química e da física, num caráter interdisciplinar, que foi possível a compreensão da estrutura de dupla hélice do DNA. (Coletivo de Pensamento, Círculo Esotérico, Circulação Intra e Intercoletiva de Ideias)
- g) () Linus Pauling era um químico experiente nos anos de 1950, já era reconhecido academicamente por seus trabalhos com elucidações de estruturas químicas. No entanto, Pauling não pode perceber novos fatos, como a complexidade do DNA, persistindo na ideia da complexidade das proteínas. (Harmonia das Ilusões, Estilo de Pensamento)

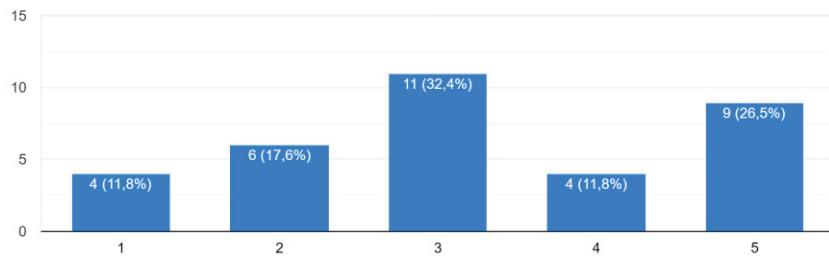
a) James Watson foi um cientista importante na história do DNA, mas suas ideias pessoais não precisam ser levadas em consideração, pois estas ...co e, por conseguinte na análise de sua pesquisa.
34 respostas



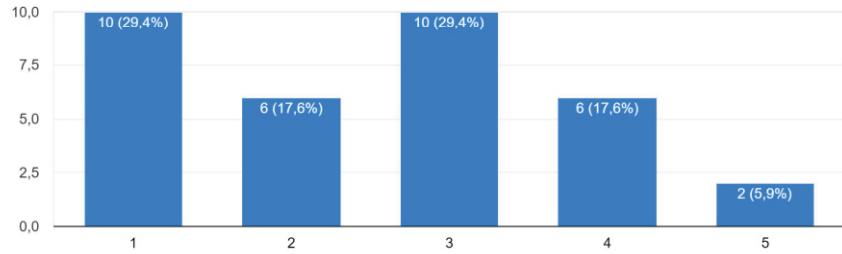
b) Watson e Crick elaboraram a dupla hélice e publicaram por primeiro, antes de outros nomeados cientistas. Esse fato nos mostra como cientistas ...ais acostumados com as teorias já consolidadas.
34 respostas



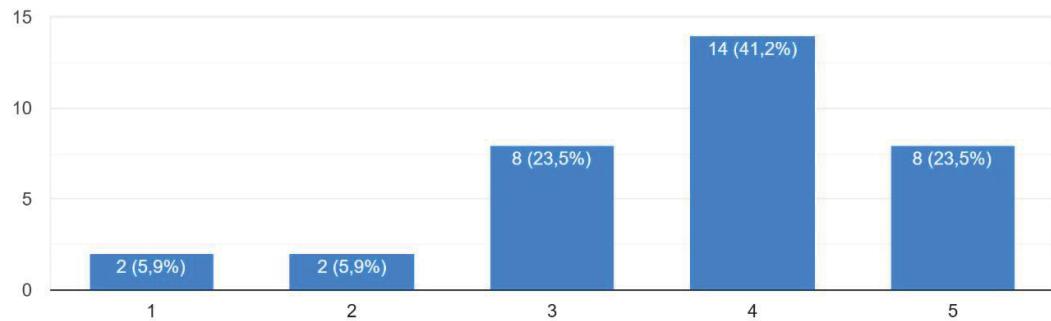
c) A História do DNA mostra um quadro de forças, disputas e hierarquias na comunidade científica, pois houve disputas tanto para publicação como na...er a estrutura do DNA sem a colaboração deles.
34 respostas



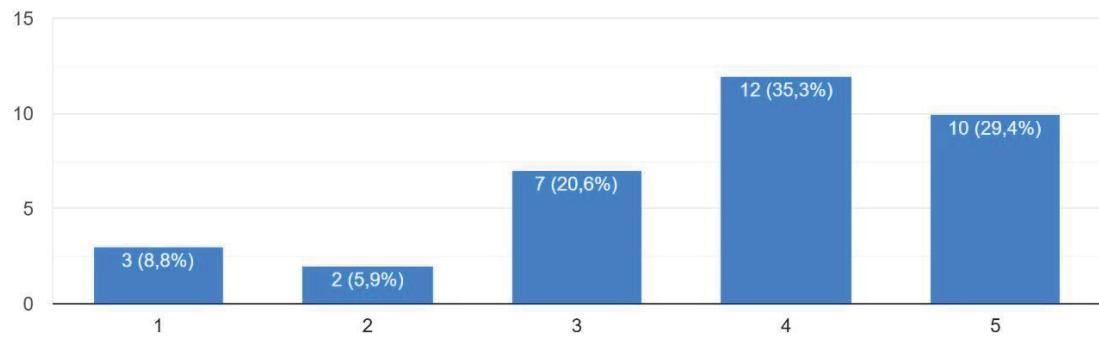
d) Após a estrutura do DNA ter sido elucidada, não houve mais alterações no seu modelo e certamente não haverá mais alterações nesse modelo daqui para frente.
34 respostas



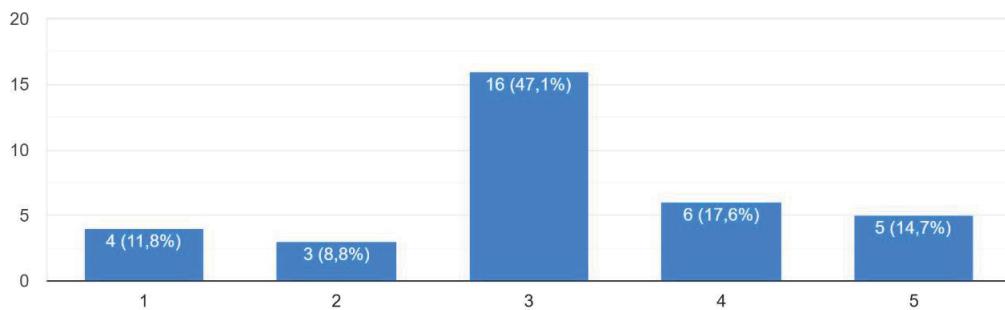
e) Os (as) cientistas, enquanto comunidade, cumprem um conjunto de regras, normas, costumes ao fazer a ciência, contudo ideias divergentes entre ... de como percebem determinados fatos científicos.
34 respostas



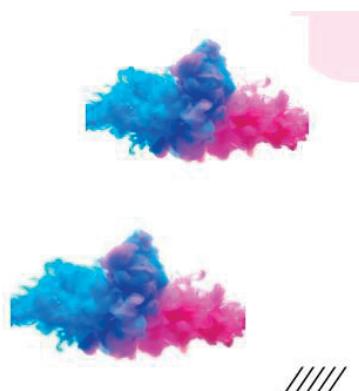
f) A ciencia apresenta-se neste episódio como uma construção social, pois foi após a junção das áreas da Biologia, da Química e da Física, num car...compreensão da estrutura de dupla hélice do DNA.
34 respostas



g) Linus Pauling era um químico experiente nos anos de 1950, já era reconhecido academicamente por seus trabalhos com elucidações de estruturas q...sistindo na ideia da complexidade das proteínas.
34 respostas



AULA 02 – CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA



|||||

○ Mundo de Beakmann

<https://www.youtube.com/watch?v=GbjlO6ifGA0>



|||||

○ O que é ciência? Como a ciência funciona?

<https://www.youtube.com/watch?v=Js3XxXyDII>



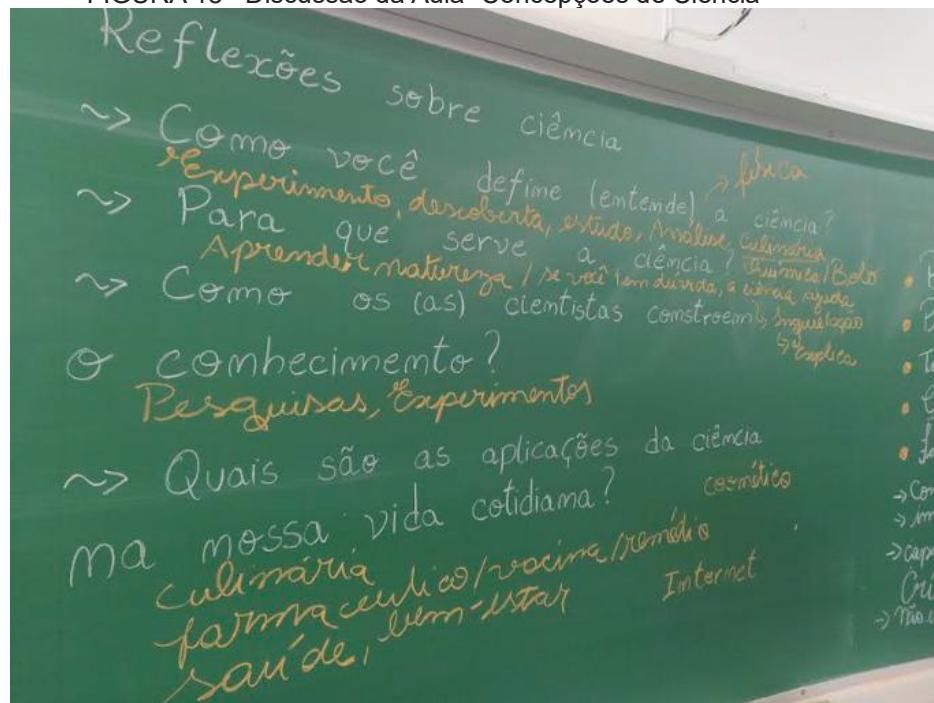
|||||

○ Reflexões sobre Ciência

- Como você define(entende) a ciência?
- Para que serve a ciência?
- Como os(as) cientistas constroem o conhecimento?
- Quais são as aplicações da ciência na nossa vida cotidiana?

|||||

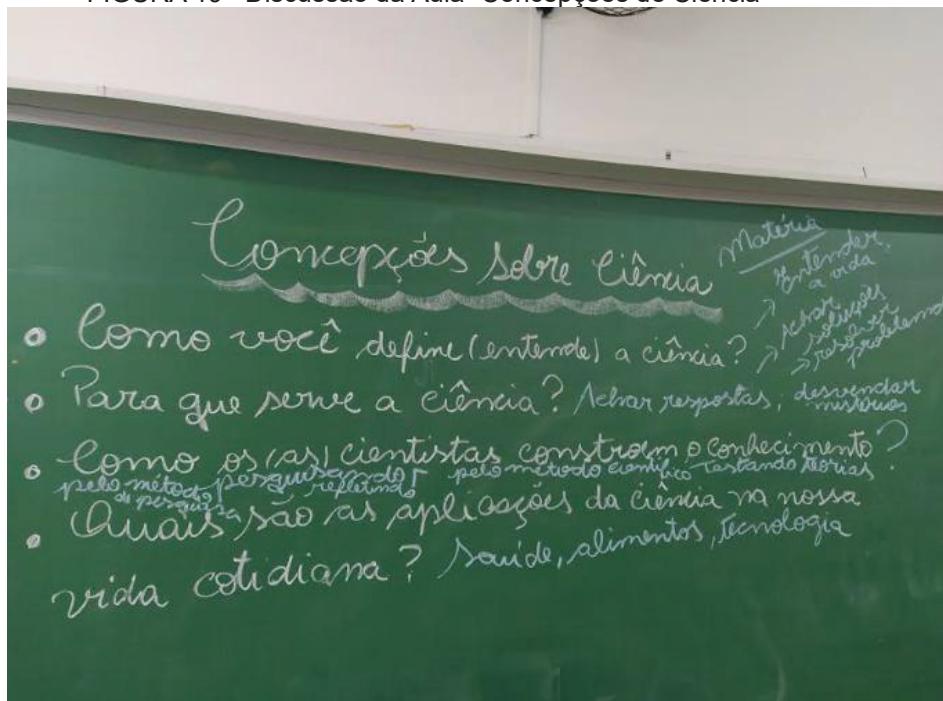
FIGURA 18 - Discussão da Aula "Concepções de Ciência"



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: síntese das questões problematizadoras.

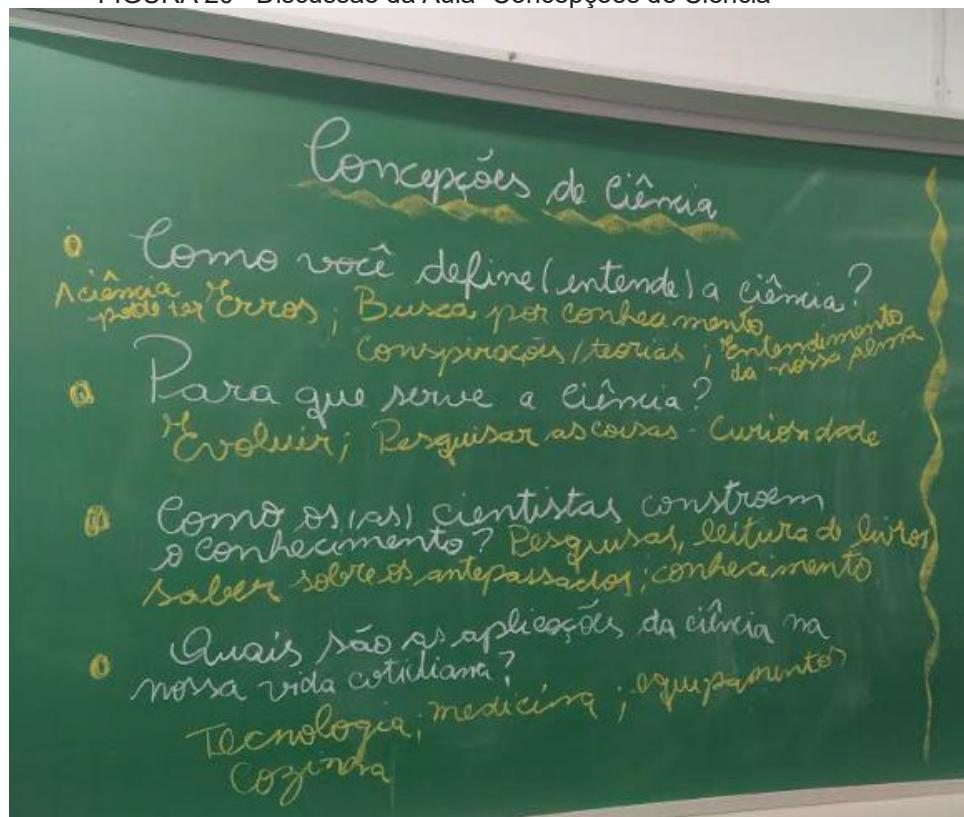
FIGURA 19 - Discussão da Aula "Concepções de Ciência"



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: síntese das questões problematizadoras.

FIGURA 20 - Discussão da Aula "Concepções de Ciência"



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: síntese das questões problematizadoras.

AULA 03 – CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA

O MÉTODO CIENTÍFICO

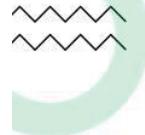
Etapas do Método:

- Pergunta/ problema;
- Hipóteses;
- Testar as hipóteses - Experimentos;
- Formular uma teoria;
- Conclusão.

• A importância da Teoria na observação.



|||||

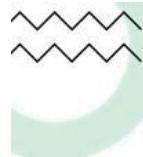


O que é ciência? Como a ciência funciona?

- A ciência é o conhecimento profundo sobre algo – ligado a uma sistematização.
- Investigativo, (Investigação sistemática);
- Perceber algo de forma crítica;
- Ser cientista é ser conhecedor, investigativo. Exemplo: Einstein.



|||||



Concepção empírico-indutivista

- A dependência que a observação tem da teoria.
- O indutivista ingênuo acredita que: 1. a ciência começa com a observação; 2. a observação produz uma base segura da qual o conhecimento pode ser derivado.
- A visão: dois observadores “veem” a mesma coisa.
- Exemplo: Peru indutivista



O peru indutivista.

|||||

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** Brasília: Editora Brasiliense, 1993.

AULA 04 – A EPISTEMOLOGIA DE FLECK

CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA E A EPISTEMOLOGIA DE FLECK



Isis Lidiane Norato de Souza

CURITIBA
2023

QUEM É LUDWIK FLECK(1896-1961)?

Por Schäfer e Schnelle (2010):

- Filho de Judeus-poloneses;
- Sobrevivente do holocausto;
- Médico e microbiologista;
- Especialista em vacina tifo;
- Possibilidade de um clássico da teoria da ciência, no entanto sua obra não teve êxito na época (1935); [p.2 e 3](#).



SONÄFER, L.; SCHNELLE, T. Introdução: fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In: Fleck, Ludwik. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

QUEM É LUDWIK FLECK(1896-1961)?

Por Condé 2012, Löwy (2012):

- ✓ Dupla marginalidade de Fleck;
- ✓ Ideias inovadoras na obra **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**, porém negligenciada à época, parte pelas dificuldades da Segunda Guerra, parte pela originalidade de suas ideias;
- ✓ A importância de Kuhn para divulgá-lo.



CONDÉ, M. L. L. *Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.

A OBRA: “Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico”



Edição
alemã- 1935



Edição
inglesa- 1979



Edição
brasileira-
2010

AULA 04 – A EPISTEMOLOGIA DE FLECK - CONTINUAÇÃO

A HISTÓRIA DA SÍFILIS

Fleck (2010) narrou como foi o desenvolvimento do **conceito da sífilis**, a partir de cinco séculos. Final do Século XV até meados do Século XX.

- 1) Místico – ético;
- 2) Empírico terapêutico;
- 3) Patogênico e etiológico.

1) Místico- ético

A sífilis era explicada a partir da astrologia

“A conjunção de Saturno e Júpiter em 25/11/1484, sob o signo de escorpião e na casa de Marte, tenha sido a causa da epidemia venérea... o bom Júpiter sucumbiu aos maus planetas Saturno e Marte, e o signo de Escorpião, ao qual são submetidas as partes genitais, explica porque os órgãos genitais eram o ponto de ataque das novas doenças” (FLECK, 2010, p. 40).



SÍFILIS



2) empírico-terapêutico

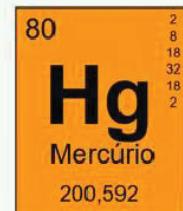
O **mercúrio** (prata viva, como era conhecido) era o remédio preferido contra muitas dermatoses, como escabiose e lepra.

Uso de pomadas de mercúrio foi muito difundido para **tratamento cutâneo**, inclusive para sífilis.

Como a Sífilis era uma doença com características de plurimorfismo (diversas formas), fez-se surgir a necessidade do exame de sangue.

Conceito de **epidemia venérea**: muitas comparações e testes entre a gonorreia, cancro mole e a sífilis eram realizados com intuito de encontrar semelhanças entre elas, ou de modo a enquadrá-las em algum estágio da sífilis.

Fleck relata que não foram as observações empíricas, mas a **tradição histórica** que definiu o conceito da epidemia venérea.



SOUZA, I. L. N; AIRES, J. A potencialidade da obra de Fleck para a área de educação em ciências. *Actio: Docência em ciências*. In: Semana das Licenciaturas (3). Curitiba, out., 2019, p. 1-13.

3) Patogênico e etiológico

Os conceitos patogênicos e etiológicos, e a sequência histórica, que após um árduo caminho se chegou a um exame de comprovação de alteração sifilítica no sangue, apresentada por meio da reação de Wassermann. Essa reação foi aperfeiçoada devido às influências da sociedade por meio das circulações de ideias entre os saberes populares e os saberes especializados.



SOUZA, I. L. N; AIRES, J. A potencialidade da obra de Fleck para a área de educação em ciências. *Actio: Docência em ciências*. In: Semana das Licenciaturas (3). Curitiba, out., 2019, p. 1-13.

AULA 05 – A EPISTEMOLOGIA DE FLECK

Sobre a obra ‘Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico’



Conceitos importantes

- Modelo de epistemologia com base na **Biologia**;
- Importância do **percurso histórico e social**;
- Coletivo de Pensamento; Estilo de Pensamento; emergência de um fato científico; protoideia; harmonia das ilusões; etc.
- Ciência como atividade coletiva.
- Terceiro elemento - sujeito + objeto + estado do conhecimento.

CONCEITOS DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA

Coletivo de pensamento- Conjunto de regras, valores, normas. Dentro deste é formado o *Estilo de Pensamento*. Um *Coletivo de Pensamento* pode ser institucionalizado, como exemplo a comunidade científica, ou grupos de pesquisas. [p. 82](#)

Estilo de pensamento – É uma percepção direcionada, modo *Gestalt* de observar um objeto, fato, fenômeno. Representa o estado do conhecimento de um *Coletivo de Pensamento* e é um pensamento coercitivo ao sujeito. [p. 149](#)

“Todo trabalho científico é um trabalho coletivo” (FLECK, 2010, p. 84); O cientista não pensa sozinho, pois é influenciado pelo **Coletivo** e **Estilo de Pensamento** de uma comunidade científica. Todo conhecimento é coletivo, pois é fruto do contexto histórico, social e cultural de uma comunidade científica.

O MODELO BIOLÓGICO

“A biologia me ensinou a examinar uma área submetida à evolução sempre em sua história evolutiva. Quem, hoje em dia, é capaz de fazer anatomia sem embriologia? Da mesma maneira, qualquer teoria do conhecimento sem estudos históricos ou comparados permaneceria um jogo de palavras vazio, uma epistemologia imaginária”. [p. 62](#)

Para Fleck, de acordo com Condé (2016), a compreensão epistemológica da ciência está marcada pelos **aspectos históricos e sociais**. Nesse sentido, torna-se necessário conhecer o **processo histórico** em que o conhecimento se desenvolve.

Matriz biológica- o desenvolvimento científico é visto de modo análogo à evolução darwinista.

CONDÉ, M. L. L. Entre o normal e o patológico: Ludwik Fleck, Georges Canguilhem e a gênese da epistemologia histórica. *Intelliger: Revista da História Intelectual*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 51-67. 2016.

REFERÊNCIAS

- CONDÉ, M. L. L. **Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.
- CONDÉ, M. L. L. Entre o normal e o patológico: Ludwik Fleck, Georges Canguilhem e a gênese da epistemologia histórica. *Intelliger: Revista da História Intelectual*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 51-67, 2016.
- FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- REZENDE, M. DNA: a construção social da descoberta. Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18&t=11s>. Acesso em 20 ago. 2023.
- SCHÄFER, L; SCHNELLE, T. Introdução: fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In: Fleck, Ludwik. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- SOUZA, I. L. N; AIRES, J. A potencialidade da obra de Fleck para a área de educação em ciências. *Actio: Docência em ciências*. In: Semana das Licenciaturas (3). Curitiba, out., 2019, p. 1-13.

AULA 06- A HISTÓRIA DO DNA: ARTIGO CLÁSSICO DE WATSON & CRICK

Leitura e interpretação do artigo clássico de Watson e Crick (1953) traduzido (avaliação processual), apresentado no QUADRO 26.

QUADRO 26 - Versão Traduzida do Artigo Clássico de Watson e Crick (1953)

Uma estrutura para o Ácido Desoxirribonucleico

25 de Abril de 1953, Nature, 171, 737-738

Queremos sugerir uma estrutura para o sal de ácido desoxirribonucleico (D.N.A.). Esta estrutura tem características inovadoras que são de considerável interesse biológico.

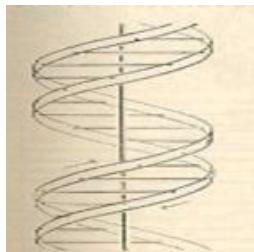
Uma estrutura do ácido nucleico já foi proposta por Pauling e Corey¹. Eles gentilmente nos disponibilizaram seu manuscrito antes da publicação. Seu modelo consiste em três cadeias interligadas/entrelaçadas, com os fosfatos voltados para o eixo da molécula e as bases nitrogenadas nas suas extremidades. Em nossa perspectiva, esta estrutura é insatisfatória por duas razões:

1^a. Acreditamos que o material analisado por difração de raios-X é o sal, não o ácido livre (em meio aquoso). Sem a presença dos íons H⁺ não fica claro quais forças (de interação intermolecular) mantém essa estrutura junta, principalmente devido à alta concentração de carga negativa no eixo da molécula devido aos fosfatos, que tenderiam a se repelir.

2^a. Algumas das distâncias (das interações intermoleculares) de van der Waal parecem ser muito pequenas.

Outra estrutura com três cadeias foi sugerida por Fraser (em andamento). No seu modelo, os fosfatos estão voltados para o exterior da molécula e as bases nitrogenadas para o seu interior, sendo essas bases ligadas entre si por ligações de hidrogênio. Como descrito, essa estrutura é muito mal definida e por essa razão não a comentamos em detalhes.

Queremos apresentar uma estrutura radicalmente diferente para o sal do ácido desoxirribonucleico. Esta estrutura possui duas cadeias helicoidais enroladas em torno de um mesmo eixo (veja Figura). Utilizamos os pressupostos químicos habituais, ou seja, que cada cadeia consiste em grupos de fosfato de diéster ligados a resíduos de beta-D-deoxyribofuranose nas posições 3', 5'. As duas cadeias (mas não suas bases) são perpendiculares ao eixo da molécula. Ambas são destramente direcionadas, embora estejam uma "de cabeça para baixo" em relação à outra. Cada cadeia lembra vagamente o modelo nº 1 de Furberg²; isto é, as bases estão voltadas para o interior da hélice e os fosfatos voltados para o lado de fora da mesma. A configuração do açúcar e os átomos perto dele seguem a "configuração padrão" de Furberg, o açúcar aproximadamente perpendicular à base em que está ligado. Há um resíduo em cada 3.4A [angstrom, equivalente a 0,1 nm] na direção Z. Pressupomos que haja um ângulo de 36 ° entre os resíduos adjacentes da mesma cadeia, então, em cada uma das cadeias (partindo-se de um ponto qualquer da cadeia) uma nova hélice é observada após se passar por 10 resíduos [de açúcar], ou seja, [a distância entre as hélices é de] 34A. A distância de um átomo de fósforo ao eixo da molécula é de 10A. Como os fosfatos estão virados para a face externa, os cátions têm acesso fácil a eles.



Essa figura é simplesmente esquemática. As duas fitas simbolizam as duas cadeias de fosfato-açúcar e as hastes horizontais os pares de bases que mantêm a cadeia junta. A linha vertical assinala o eixo da molécula.

A molécula é aberta e o seu teor de água é bastante alto. É de se esperar que em uma menor quantidade de água haja uma inclinação das bases para que a estrutura se torne mais compacta.

A nova característica da estrutura é o modo pela qual as duas cadeias são mantidas juntas pelas bases de purina e de pirimidina. As bases são perpendiculares ao eixo da molécula e estão unidas aos pares, a base de uma cadeia está ligada por ligação de hidrogênio a base da outra cadeia, de modo que as duas cadeias se emparelhem lado a lado e possuam valores idênticos de coordenada Z. Um dos pares precisa ser uma purina e o outro uma pirimidina para que a ligação ocorra. As ligações de hidrogênio são feitas assim: posição 1 da purina com posição 1 da pirimidina, posição 6 da purina com posição 6 da pirimidina.

Se assumirmos que as bases só ocorrem na molécula em suas formas tautoméricas mais

estáveis (isto é, a configuração ceto em maior quantidade que a configurações enol) verifica-se que apenas pares específicos de bases podem ligar-se em conjunto. Estes pares são: adenina (purina) com timina (pirimidina), e guanina (purina) com citosina (pirimidina).

Em outras palavras, se uma adenina forma um membro do par, o outro membro deve ser timina; similarmente para guanina e citosina. A sequência de bases em uma cadeia não parece ser limitada de qualquer forma. No entanto, se apenas pares específicos de bases podem ser formadas, segue-se que, se a sequência de bases de uma cadeia é determinada, então a sequência da outra cadeia é automaticamente determinada.

Determinou-se experimentalmente^{3,4} que a relação entre as quantidades de adenina para timina e a relação [entre as quantidades] de guanina para citosina, são sempre muito próximas em um no ácido desoxirribonucleico.

É provavelmente impossível construir a estrutura de dupla hélice com uma ribose de açúcar em vez de desoxirribose, o átomo de oxigênio extra ficaria muito perto para uma ligação de van der Waals.

Os dados da difração de raio-x previamente publicados^{5,6} para o ácido desoxirribonucleico são insuficientes para um teste rigoroso de nosso modelo. Tanto quanto podemos afirmar, [nossa modelo] é mais ou menos compatível com os dados experimentais, mas deve ser considerada como não provado até que tenha sido verificada contra os resultados mais exatos. Alguns destes dados mais exatos são fornecidos nos artigos a seguir (O artigo de Watson e Crick foi publicado conjuntamente com os artigos de Wilkins, Stokes e Wilson e o de Franklin e Gosling e são a esses dois artigos que eles se referem com os dados mais precisos). Não estávamos cientes dos detalhes dos resultados apresentados nesses artigos quando criamos o nosso modelo, que se baseia principalmente, embora não inteiramente, em dados experimentais publicados e dados estereoquímicos.

Percebemos que o emparelhamento específico que postulamos imediatamente sugere um possível mecanismo de cópia do material genético.

Informações completas sobre nosso modelo, incluindo as condições assumidas para construí-la, juntamente com um conjunto de coordenadas [de posição] dos átomos, será publicado posteriormente.

Somos muito gratos ao Dr. Jerry Donohue pelo aconselhamento constante e críticas, especialmente nos tópicos sobre distâncias interatômicas. Também nos sentimos estimulados pelo conhecimento, de forma geral, dos dados experimentais e ideias ainda não publicados do Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin e seus colaboradores do King College, em Londres. Um de nós (J. M. W.) possui financiamento por bolsa da Fundação Nacional para a paralisia infantil.

Referências Bibliográficas:

- 1 Pauling, L., and Corey, R. B., *Nature*, 171, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, 39, 84 (1953).
- 2 Furberg, S., *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).
- 3 Chargaff, E., for references see Zamenhof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).
- 4 Wyatt, G. R., *J. Gen. Physiol.*, 36, 201 (1952).
- 5 Astbury, W. T., *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1, Nucleic Acid, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).
- 6 Wilkins, M. H. F., and Randall, J. T., *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 192 (1953).

FONTE: Blog da Biologia e Educação. Disponível em:
<https://biologiaeeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/>. Acesso em 21 ago. 2023.

Após leitura do artigo traduzido de Watson e Crick de 1953, as seguintes questões foram problematizadas, tendo Fleck (1979, 1980, 2010), Moura (2014), Silva e Aires (2014), Silva *et al.* (2014), como inspiração:

- Como o modelo construído por Watson e Crick pode ser explicado?
- Qual foi a utilidade do modelo de Watson e Crick para a ciência?
- Quais foram os conhecimentos anteriores que contribuíram para que Watson e Crick construíssem o modelo do DNA?

- Quais aspectos epistemológicos fleckianos e da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?

Para resposta à pergunta: “Quais aspectos epistemológicos fleckianos e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?” Indica-se a consulta dos conceitos fleckianos, conforme o QUADRO 27.

QUADRO 27 - Conceitos de Fleck (2010) e nossa interpretação

Categorias	Critérios
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pensamentos, valores, regras e normas. Dentro deste é formado o Estilo de Pensamento. Um Coletivo de Pensamento pode ser institucionalizado, como exemplo a comunidade científica, sociedades ou grupos de pesquisas.
Estilo de Pensamento	É uma percepção direcionada, modo Gestalt de observar um objeto, fato, fenômeno. Representa o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento e é um pensamento coercitivo ao sujeito.
Fato Científico	Objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Para Fleck, a sífilis representou um fato científico de maneira passiva e a Reação de Wassermann, teste diagnóstico da Sífilis, o modo ativo da construção do conhecimento humano.
Mutações no Estilo de Pensamento	Representa as transformações que ocorrem na teoria do conhecimento dentro de um Estilo de Pensamento. Comparação análoga a ideia de evolução, a qual ocorre de modo lento e gradativo.
Harmonia das Ilusões	Quando um(a) pesquisador(a) está enraizado(a) num Estilo de Pensamento. A harmonia das ilusões impede percepção de um novo Estilo de Pensamento ou a emergência de um fato científico.
Natureza da Ciência sob olhar fleckiano	
Gestalt	Não é possível a observação neutra, pois são as teorias que orientam um olhar direcionado, a percepção da forma <i>Gestalt</i> . Não existe uma Relação Binária entre Sujeito e Objeto, e sim um terceiro elemento, o estado do saber ou estado do conhecimento.
Caráter histórico e provisório do conhecimento científico	A importância do percurso histórico para a construção do conhecimento. Como exemplo, as Protoideias apresentadas por Fleck (2010) como a sífilis e o átomo, ou ainda, a noção de valência (Souza, 2020). Além disso, não conseguimos abandonar o passado, com todos os seus “erros”, uma vez que este continua vivo nos conceitos herdados, nas circulações de ideias, nas abordagens dos problemas, nas doutrinas nas escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições. Ademais, em Fleck vemos a analogia da teoria do conhecimento com a evolução biológica, que ocorre de modo lento e gradativo.
Controvérsias científicas	A existência de teorias rivais na construção do conhecimento indica Estilos de Pensamentos distintos dentro de Coletivos de Pensamento próximos. O Estilo de Pensamento não é rígido, pode ser permeável, por isso as divergências e possibilidades para mudanças e transformações.

FONTE: Com base em Fleck (2010).

AULA 07- DISCUSSÃO SOBRE A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA

As possíveis mediações a respeito do conteúdo do artigo de Watson e Crick traduzido pode ser visualizado no QUADRO 28.

QUADRO 28 - Possibilidades de Discussão sobre a Ciência e a Epistemologia de Fleck
Uma estrutura para o Ácido Desoxirribonucleico

25 de Abril de 1953, Nature, 171, 737-738

Queremos sugerir uma estrutura para o sal de ácido desoxirribonucleico (D.N.A.). Esta estrutura tem características inovadoras que são de considerável interesse biológico.

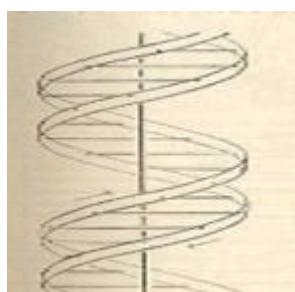
Uma estrutura do ácido nucleico já foi proposta por Pauling e Corey¹. Eles gentilmente nos disponibilizaram seu manuscrito antes da publicação. Seu modelo consiste em três cadeias interligadas/entrelaçadas, com os fosfatos voltados para o eixo da molécula e as bases nitrogenadas nas suas extremidades. Em nossa perspectiva, esta estrutura é insatisfatória por duas razões:

1^a. Acreditamos que o material analisado por difração de raios-X é o sal, não o ácido livre (em meio aquoso). Sem a presença dos íons H⁺ não fica claro quais forças (de interação intermolecular) mantém essa estrutura junta, principalmente devido à alta concentração de carga negativa no eixo da molécula devido aos fosfatos, que tenderiam a se repelir.

2^a. Algumas das distâncias (das interações intermoleculares) de van der Waal parecem ser muito pequenas.

Outra estrutura com três cadeias foi sugerida por Fraser (em andamento). No seu modelo, os fosfatos estão voltados para o exterior da molécula e as bases nitrogenadas para o seu interior, sendo essas bases ligadas entre si por ligações de hidrogênio. Como descrito, essa estrutura é muito mal definida e por essa razão não a comentamos em detalhes.

Queremos apresentar uma estrutura radicalmente diferente para o sal do ácido desoxirribonucleico. Esta estrutura possui duas cadeias helicoidais enroladas em torno de um mesmo eixo (veja Figura). Utilizamos os pressupostos químicos habituais, ou seja, que cada cadeia consiste em grupos de fosfato de diéster ligados a resíduos de beta-D-deoxyribofuranose nas posições 3', 5'. As duas cadeias (mas não suas bases) são perpendiculares ao eixo da molécula. Ambas são destramente direcionadas, embora estejam uma "de cabeça para baixo" em relação à outra. Cada cadeia lembra vagamente o modelo nº 1 de Furberg²; isto é, as bases estão voltadas para o interior da hélice e os fosfatos voltados para o lado de fora da mesma. A configuração do açúcar e os átomos perto dele seguem a "configuração padrão" de Furberg, o açúcar aproximadamente perpendicular à base em que está ligado. Há um resíduo em cada 3.4A [angstrom, equivalente a 0,1 nm] na direção Z. Pressupomos que haja um ângulo de 36 ° entre os resíduos adjacentes da mesma cadeia, então, em cada uma das cadeias (partindo-se de um ponto qualquer da cadeia) uma nova hélice é observada após se passar por 10 resíduos [de açúcar], ou seja, [a distância entre as hélices é de] 34A. A distância de um átomo de fósforo ao eixo da molécula é de 10A. Como os fosfatos estão virados para a face externa, os cátions têm acesso fácil a eles.



Essa figura é simplesmente esquemática. As duas fitas simbolizam as duas cadeias de fosfato-açúcar e as hastes horizontais os pares de bases que mantém a cadeia junta. A linha vertical assinala o eixo da molécula.

A molécula é aberta e o seu teor de água é bastante alto. É de se esperar que em uma menor quantidade de água haja uma inclinação das bases para que a estrutura se torne mais compacta.

A nova característica da estrutura é o modo pela qual as duas cadeias são mantidas juntas pelas bases de purina e de pirimidina. As bases são perpendiculares ao eixo da molécula e estão unidas aos pares, a base de uma cadeia está ligada por ligação de hidrogênio a base da outra cadeia, de modo que as duas cadeias se emparelhem lado a lado e possuam valores idênticos de coordenada Z. Um dos pares precisa ser uma purina e o outro uma pirimidina para que a ligação ocorra. As ligações de hidrogênio são feitas assim: posição 1 da purina com posição 1 da pirimidina, posição 6 da purina com posição 6 da pirimidina.

Se assumirmos que as bases só ocorrem na molécula em suas formas tautoméricas mais estáveis (isto é, a configuração ceto em maior quantidade que a configurações enol) verifica-se que apenas pares específicos de bases podem ligar-se em conjunto. Estes pares são: adenina (purina) com timina (pirimidina), e guanina (purina) com citosina (pirimidina).

Em outras palavras, se uma adenina forma um membro do par, o outro membro deve ser timina; similarmente para guanina e citosina. A sequência de bases em uma cadeia não parece ser limitada de qualquer forma. No entanto, se apenas pares específicos de bases podem ser formadas, segue-se que, se a sequência de bases de uma cadeia é determinada, então a sequência da outra cadeia é automaticamente determinada.

Determinou-se experimentalmente^{3,4} que a relação entre as quantidades de adenina para timina e a relação [entre as quantidades] de guanina para citosina, são sempre muito próximas em um no ácido desoxirribonucleico.

É provavelmente impossível construir a estrutura de dupla hélice com uma ribose de açúcar em vez de desoxirribose, o átomo de oxigênio extra ficaria muito perto para uma ligação de van der Waals.

Os dados da difração de raio-x previamente publicados^{5,6} para o ácido desoxirribonucleico são insuficientes para um teste rigoroso de nosso modelo. Tanto quanto podemos afirmar, [nossa modelo] é mais ou menos compatível com os dados experimentais, mas deve ser considerada como não provado até que tenha sido verificada contra os resultados mais exatos. Alguns destes dados mais exatos são fornecidos nos artigos a seguir (O artigo de Watson e Crick foi publicado conjuntamente com os artigos de Wilkins, Stokes e Wilson e o de Franklin e Gosling e são a esses dois artigos que eles se referem com os dados mais precisos). Não estávamos cientes dos detalhes dos resultados apresentados nesses artigos quando criamos o nosso modelo, que se baseia principalmente, embora não inteiramente, em dados experimentais publicados e dados estereoquímicos.

Percebemos que o emparelhamento específico que postulamos imediatamente sugere um possível mecanismo de cópia do material genético.

Informações completas sobre nosso modelo, incluindo as condições assumidas para construí-la, juntamente com um conjunto de coordenadas [de posição] dos átomos, será publicado posteriormente.

Somos muito gratos ao Dr. Jerry Donohue pelo aconselhamento constante e críticas, especialmente nos tópicos sobre distâncias interatômicas. Também nos sentimos estimulados pelo conhecimento, de forma geral, dos dados experimentais e ideias ainda não publicados do Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin e seus colaboradores do King College, em Londres. Um de nós (J. M. W.) possui financiamento por bolsa da Fundação Nacional para a paralisia infantil.

LEGENDA: Taxado em rosa = conceitos científicos; verde = Natureza da Ciência.

Referências Bibliográficas:

- 1 Pauling, L., and Corey, R. B., *Nature*, 171, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, 39, 84 (1953).
- 2 Furberg, S., *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).
- 3 Chargaff, E., for references see Zamenhof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).
- 4 Wyatt, G. R., *J. Gen. Physiol.*, 36, 201 (1952).
- 5 Astbury, W. T., *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1, *Nucleic Acid*, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).
- 6 Wilkins, M. H. F., and Randall, J. T., *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 192 (1953).

Questões para discutir a Natureza da Ciência e epistemologia na sala de aula:

O conhecimento científico pode ser modificado?

Sim, porque a ciência não possui verdades absolutas. No artigo traduzido, vemos que Watson e Crick “sugerem” um modelo para o DNA. A palavra utilizada no início do artigo é a sugerir, o que indica que eles não têm total certeza se aquele modelo que estão propondo é a representação da molécula do DNA. Watson e Crick afirmam que analisaram propostas de modelos para o DNA anteriores, da tripla hélice de Pauling e Corey e o refutam. Comentam brevemente sobre o modelo de Fraser, mas para eles não era tão relevante. Comentam os nomes de outros cientistas que os aconselharam, como o do Dr. Jerry Donohue e, Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin e seus

colaboradores do King College. Tais citações demonstra que Watson e Crick utilizaram modelos anteriores, estudaram conhecimentos anteriores que serviram como base para construção do novo modelo. Ao citar Wilkins e Franklin, podemos perceber que os jovens cientistas reconhecem a importância dos dados experimentais que utilizaram para desenvolver o modelo da dupla hélice.

Qual(is) Estilo(s) de Pensamento podemos perceber na história do DNA? Qual era o problema de pesquisa (ou Fato Científico) de Linus Pauling? Qual era o problema de pesquisa (ou Fato Científico) de Watson e Crick?

O conceito de Estilo de Pensamento pode ser explorado na história do DNA, já que o Estilo de Pensamento pode ser compreendido como uma percepção direcionada, modo *Gestalt* de observar um objeto, fato, fenômeno, representando o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento. O químico Linus Pauling tinha no Estilo de Pensamento a percepção que as proteínas eram as moléculas mais complexas que existiam, e somente as proteínas poderiam carregar a hereditariedade. Muitos outros cientistas da época tinham essa mesma percepção, o que indicam que eles pertenciam ao mesmo Coletivo de Pensamento. Eram cientistas mais experientes, já estudavam a ciência por mais tempo, e as teorias mais consolidadas na época estavam internalizadas no seu modo de percepção (eles estavam enraizados na teoria).

Qual foi o diferencial de Watson e Crick em relação à história do DNA?

Como cientistas mais jovens (Watson tinha vinte e poucos anos na década de 1950), perceberam que a molécula do DNA poderia ser complexa o suficiente para ser a molécula responsável pela transmissão dos genes. Watson e Crick contribuíram para a Emergência de um Fato Científico, em termos da epistemologia fleckiana. A partir da publicação do artigo de 1953 de Watson e Crick, ocorreu Mutação no Estilo de Pensamento da comunidade científica.

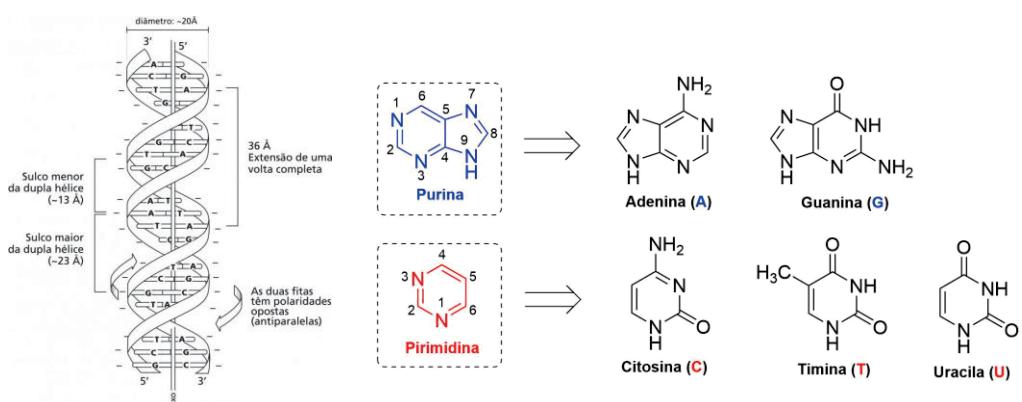
Contribuições do DNA para a ciência:

Teste de DNA na sociedade; Teste de paternidade, teste de ancestralidade; Desenvolvimento da biologia molecular; avanços na medicina.

Questões éticas na História do DNA:

- Caráter de negociação da ciência; Desigualdade de gênero na ciência; Centralidade da “descoberta” na comunidade científica; Trabalho coletivo.

Conceitos científicos:



FONTE: Silva et al. (2014), Blog da Biologia e Educação. Disponível em: <https://biologiaeeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/>. Acesso em 21 ago. 2023.

Na leitura da história do DNA, podemos perceber os conceitos: Emergência de um Fato Científico, Mutação no Estilo de Pensamento e Harmonia das Ilusões como os mais latentes, conforme apresentados no QUADRO 29.

QUADRO 29 - Conceitos Epistemológicos na História do DNA

Categorias	Critérios – Quais aspectos da Epistemologia de Fleck e/ou da Natureza da Ciência você consegue perceber na história do DNA?
Coletivo de Pensamento	Na história do DNA, o Coletivo de Pensamento foi formado por químicos, físicos, biólogos.
Estilo de Pensamento	O modo de perceber as estruturas moleculares foram distintos. Pauling perseguia a ideia de as proteínas serem as moléculas mais complexas, todo nome de ácido nucléico, ele substituía por nucleoproteína, por exemplo. Já Watson e Crick mantiveram o Estilo de Pensamento maleável, aberto às tendências das pesquisas da época.
Fato Científico	O objeto de estudo do químico Linus Pauling foi a estrutura das proteínas. Já o Fato Científico para Watson e Crick era os ácidos nucléicos. Dessa maneira, Watson e Crick não descobriram o DNA, mas procuravam por ele (pela estrutura). Contribuíram para a Emergência de um Fato Científico.
Mutação no Estilo de Pensamento	Após a publicação da estrutura de dupla hélice do DNA, ocorreu Mutações no Estilo de Pensamento, pois o Coletivo de Pensamento percebeu que a molécula do DNA era complexa suficiente para carregar o gene, a hereditariedade.
Harmonia das Ilusões	Pauling compreendia que as proteínas eram as moléculas mais complexas que existiam, e muitos outros cientistas da época tinham essa mesma percepção. Eram cientistas mais experientes e as teorias mais consolidadas na época estavam internalizadas no seu Estilo de Pensamento (eles estavam enraizados na teoria). Viviam a Harmonia das Ilusões.
Natureza da Ciência sob olhar fleckiano	
Gestalt	Não é possível a observação neutra, pois são as teorias que orientam um olhar direcionado, a percepção da forma <i>Gestalt</i> . Não existe uma Relação Binária entre Sujeito e Objeto, e sim um terceiro elemento, o estado do saber ou estado do conhecimento.
Caráter histórico e provisório do conhecimento científico	A importância do percurso histórico para a construção do conhecimento. Como exemplo, as Protoideias apresentadas por Fleck (2010) como a sífilis e o átomo, ou ainda, a noção de valência (Souza, 2020). Além disso, não conseguimos abandonar o passado, com todos os seus “erros”, uma vez que este continua vivo nos conceitos herdados, nas circulações de ideias, nas abordagens dos problemas, nas doutrinas nas escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições. Ademais, em Fleck vemos a analogia da teoria do conhecimento com a evolução biológica, que ocorre de modo lento e gradativo.
Controvérsias científicas	A existência de teorias rivais na construção do conhecimento indica Estilos de Pensamentos distintos dentro de Coletivos de Pensamento próximos. O Estilo de Pensamento não é rígido, pode ser permeável, por isso as divergências e possibilidades para mudanças e transformações.

FONTE: Com base em Fleck (2010).

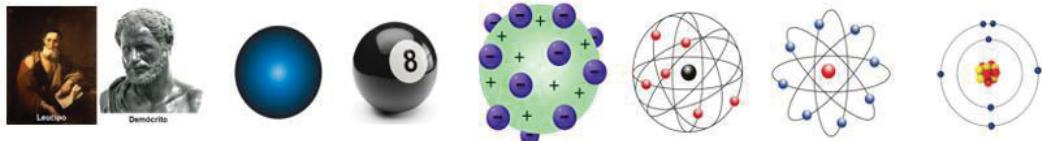
AULA 08- A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O ANTIATOMISMO

A Evolução dos modelos atômicos e a História do Antiatomismo

Profa. Ma Isis Lidiane Norato de Souza

Curitiba
2023

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS



“A pesquisa pelo átomo que dura 2.400 anos – *Theresa Doud*”, do canal TED-ED, com duração de 5min 22s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xazQRcSCRaY>

Problemas

- Por que existem vários modelos atômicos?
- Por que existiu uma paralisação de 2.400 anos sobre a ideia de átomo?

AULA 09- EPISÓDIO HISTÓRICO DO ANTIATOMISMO

O episódio histórico referente ao antiatomismo foi apresentado aos alunos no formato de storytelling, conforme QUADRO 30.

QUADRO 30 - A História do Antiatomismo
STORYTELLING – CONTAÇÃO DE HISTÓRIA
A história do antiatomismo

Era uma vez uma ideia de átomo que permaneceu quase esquecida por mais de 2.000 anos. Mas será que esqueceram mesmo sobre o átomo?

Você já ouviu falar em “ÁTOMO”? Sabe o que esta palavra significa? Hoje vamos saber sobre a história do átomo.

Há muito tempo, no século V a.C., alguns pensadores, sábios, chamados filósofos, tentaram explicar o “porquê o mundo físico sofre mudanças”. Eles tinham muito interesse em explicar a ordem, a origem e a transformação do mundo. Alguns filósofos gregos, como Leucipo e Demócrito explicaram que o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos denominados de “átomo”, ou seja, a parte não divisível, a última parte da matéria. Estes filósofos afirmavam que as mudanças no mundo seriam apenas aparentes, uma vez que a real essência das coisas, permaneciam imutáveis e não seriam destruídos ou criados.

No entanto, a proposta para explicar as transformações do mundo por meio do átomo sofreu concorrência. Ninguém menos que o famoso Aristóteles teve uma ideia diferente dos filósofos atomistas, com a Teoria dos Quatro Elementos: água, fogo, ar e terra. Na visão aristotélica, havia a existência de cinco elementos primordiais ordenados em dois planos diferentes: um supralunar (acima da lua), perfeito e incorruptível, composto por um único elemento, a saber: o éter. E outro plano, sublunar (abaixo da lua), formado por quatro elementos: água, fogo, ar e terra. Estes 4 elementos seriam transmutáveis entre si, portanto corruptíveis. E mais, quando combinados com as quatro qualidades fundamentais, sendo estas: quente, seco, úmido e frio, geraria os quatro elementos fundamentais.

Aristóteles criticou os filósofos atomistas ao argumentar que os seres vivos são complexos demais para serem compreendidos por meio da união e separação de partículas. Além disso, refutou o atomismo com experiências sensoriais simples, como o fenômeno da evaporação do ar, o que ele considerou como a lenta transformação do elemento água no elemento ar. Uma explicação coerente para o contexto da época (Pereira e Silva, 2018).

Então, a Teoria dos Quatro Elementos foi uma teoria rival do atomismo e Aristóteles foi antiatomista. Paralelamente, a transformação da matéria foi uma ideia muito debatida na Alquimia que é muito antiga, e foi praticada por vários povos, de diferentes crenças e misticismo. A principal ideia referente às transformações da matéria estava relacionada ao processo de transmutações dos metais, que os alquimistas tentavam transmutar os metais menos nobre em ouro, prata, cobre. A alquimia árabe foi uma articulação entre a filosofia, o misticismo e os saberes manipulativos que visavam o entendimento e o domínio dos fenômenos naturais, incluindo a transformação da matéria. Os alquimistas árabes, entre eles Jabir ibn Hayyan (século IX a. C.), explicaram a essência dos metais a partir da Teoria do “enxofre e mercúrio”. A partir desta teoria, todos os metais seriam constituídos por enxofre (essência masculina, que representava a combustibilidade da matéria) e mercúrio, a essência feminina, responsável pela metalidade da matéria. Por meio da junção do enxofre e mercúrio, seria possível transformar um dado metal em outro mais nobre apenas alterando a proporção desses dois elementos através de diferentes técnicas de separação e purificação. Por exemplo, o processo de destilação foi desenvolvido na alquimia e é muito utilizado até os nossos dias.

A alquimia foi levada até a Europa pelos povos árabes que imigraram para aquela região no final do século XII. Ao chegar à Europa, a alquimia árabe foi re(interpretada) por representantes do clero, entre eles Albert Magno (1193-1280) e Roger Bacon (1214 -1292), sob

uma cosmovisão cristã. No processo de adaptação da alquimia, foi criada uma filosofia natural que englobava as técnicas de manipulação da matéria e os conhecimentos especulativos dos alquimistas árabes e dos filósofos clássicos, como o próprio Aristóteles. Após, no século XVII, filósofos naturais mecanicistas, tais como Pierre Gassendi (1592-1622) e Robert Boyle (1627-1691) criticaram os atomistas clássicos, pois a ideia de átomos e vazio era por si só muito complexa. Boyle foi um dos principais representantes da alquimia na Royal Society de Londres e tanto ele como seus colegas, filósofos naturais, não compreenderam como os átomos poderiam explicar as transformações do mundo.

Boyle e outros membros da Royal Society eram mecanicistas. Estes, compreendiam o Universo como uma grande máquina, criada por um intelecto superior, e haveria pequenas engrenagens que, aglomeradas seriam os constituintes de toda a realidade. No entanto, eles utilizavam os elementos de Aristóteles para explicar a transformação da matéria.

Podemos perceber nesse ponto da história que a Teoria dos Quatro Elementos foi a principal causa de o atomismo não crescer como teoria científica, pois aquela teoria foi muito bem adaptada na alquimia e no mecanicismo (forte na Inglaterra), até por volta do século XVII.

O enfraquecimento da Teoria dos Quatro Elementos iniciou com a química de Lavoisier que trouxe a ideia da combustão, na qual o ar, anteriormente concebido como elemento, seria agora constituído por $O_{2(g)}$, $CO_{(x)}$, $NO_{(x)}$ e outros elementos. Até mesmo a água não seria mais um elemento, mas sim uma molécula, formada por $O_{2(g)}$ e $H_{2(g)}$.

PARTE 2 – AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS DO SÉCULO XIX - ATOMISTAS, ANTIATOMISTAS E OS INDECISOS

Uma parte importante e decisiva para a história do átomo diz respeito às diferentes opiniões que impediram por muitos séculos que a hipótese atômica fosse formalizada como teoria. Mas no século XIX, após as contribuições de Antonie Lavoisier (1743-1794) para a química, o átomo voltou a ser discutido por três grupos de cientistas.

No grupo dos atomistas, que acreditavam no átomo como realidade na natureza, estavam: Berzelius (1779-1848), que aperfeiçoou as ideias de Dalton; os mecanicistas Bryan Higgins (1741-1818), Thomas Thomson (1773-1852), que contribuiu para que a hipótese atômica virasse teoria e Willian Henry (1774 -1836). E mais, John Dalton (1766-1844), que ressignificou a hipótese atômica com a menor unidade participante das reações químicas, utilizando a definição de Lavoisier para elemento químico e criando os conceitos de pesos atômicos.

Dalton adotou como ponto de partida para suas determinações de pesos atômicos a tabela contendo 33 elementos, proposta por Lavoisier no seu "Traité Élémentaire de Chimie", de 1789. Dessa forma, aprimorou o 'conceito de elemento' de Lavoisier, fornecendo-lhe uma fundamentação de realidade por meio da articulação deste conceito com o de átomo. Oki (2009) comenta ainda que a reelaboração do conceito possibilitou a compreensão dos átomos como unidades mínimas de combinação da matéria.

No grupo dos indecisos, chamados formalmente de instrumentalistas, estavam o químico britânico Humphry Davy (1778-1829) e o químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896). Os instrumentalistas negavam a existência física dos átomos, ou ainda preferiam não se pronunciar, mas os consideravam entidades teóricas úteis à química.

O pensamento de Davy: "Davy acreditava que o atomismo era uma ferramenta importante para entender o comportamento das substâncias químicas, mas considerava inadequado assumir uma postura realista frente a essas entidades devido a sua natureza especulativa" (Pereira; Silva, 2018, p. 21).

O pensamento de Kekulé: "A questão de saber se os átomos existem ou não tem pouco significância de um ponto de vista químico: é uma discussão muito própria da metafísica... Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na real existência de átomos, levando a palavra em seu significado literal de partículas indivisíveis... Como um químico, contudo, eu considero a hipótese de átomos, não apenas aconselhável, mas como totalmente necessária na Química". Segundo Pereira e Silva (2018, p. 21), Kekulé se opôs à ideia de uma realidade atômica, mas não negava a importância desse conceito para a Química.

Os atomistas, por sua vez, criticaram os instrumentalistas, pois diziam que eles não ajudavam na construção da ideia atômica, na construção da ciência. Como exemplo, Davy foi criticado por Thomson ao dizer que certos cientistas faziam restrições ao uso de entidades hipotéticas para explicar dados empíricos. Como exemplo, Davy deixa de comentar a palavra

átomo de Dalton e a substituía por “proporções” ou “números proporcionais”, para não se comprometer filosoficamente.

No grupo dos antiatomistas do século XIX estavam: Louis Gay-Lussac (1778-1850), Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) e William Whewell (1794-1868). Para estes cientistas, a química deveria investigar a matéria sensível, e não corpúsculos impossíveis de serem observados. Eram defensores de uma abordagem empirista e consideravam as grandezas mensuráveis, bem como os fenômenos observáveis como os aspectos mais importantes da Química. Como exemplo, os químicos céticos utilizavam os pesos atômicos. Estes, correspondiam às massas relativas de combinação das substâncias nas reações químicas, permitindo interpretar quantitativa e macroscopicamente as reações químicas por meio de relações de massa entre reagentes e produtos.

De acordo com Oki (2009), Gay-Lussac enunciou uma lei empírica sobre a relação entre os volumes de reagentes gasosos em uma reação química. Nesta lei, não se utilizou ideias atomistas já que tal cientista não compartilhava das concepções de Dalton. Gay-Lussac foi formado na École Polytechnique de Paris e, como experimentalista, deu grandes contribuições tanto para a ciência pura quanto para a tecnologia industrial. O seu trabalho enquadrava-se numa tradição empirista, comum no início do século XIX, que valorizava as propriedades mensuráveis, como volume e equivalente, questionando o uso de entidades não visíveis e hipotéticas como os átomos.

O pensamento de Dumas, em 1837:

“Químicos antigos e modernos têm uma coisa em comum: seu método. O que é esse método, tão antigo como a própria ciência, e que a caracteriza desde seus primórdios? É a total crença no testemunho dos sentidos; é uma crença sem limites na experiência; é a submissão cega ao poder dos fatos. Antigos ou modernos, os químicos querem ver com os olhos dos seus corpos físicos antes de empregar os da mente: eles querem fazer teorias a partir dos fatos e não procurar fatos para qualquer teoria preconcebida” Pereira e Silva (2018, p. 21).

A base filosófica destes químicos antiatomistas estava no indutivismo, ceticismo e posteriormente no positivismo, em que importava o experimento que poderia ser visível. Rejeitavam assim, a especulação em torno dos átomos.

Oki (2009) comenta que as divergências entre Dalton e Gay-Lussac revelam a influência das questões filosóficas, políticas, econômicas ou culturais nas atitudes do cientista, podendo até mesmo dificultar a aceitação de novos conhecimentos.

E mais, Whilhelm Ostwald (1853-1932) defendeu a química sem átomos.

Segundo Oki (2009), Wilhelm Ostwald, Georg Helm (1851-1923) e o francês Pierre Duhem (1861-1916) foram defensores do energeticismo. Estes consideravam que cabia à ciência a descrição dos fatos e do que era sensorialmente observado. Assim, Ostwald propôs uma ciência sem o uso do conceito de átomo, usando para isto o Energeticismo. Baseava-se nas leis termodinâmicas de energia e livres de entidades inobserváveis e indetectáveis por meio da experimentação. Ou seja, livre de átomos. O energeticismo alcançou relativa popularidade no fim do século XIX, especialmente por causa das publicações de Ostwald.

O pensamento de Ostwald:

“É possível deduzir a partir dos princípios da dinâmica química todas as leis estequiométricas. [...]. O que nós chamamos matéria é apenas um complexo de energias que nós encontramos juntas no mesmo lugar. Nós estamos ainda perfeitamente livres, se nós quisermos, supor ou que a energia preenche o espaço homogeneamente, ou de uma forma periódica ou granulada; a última suposição seria substituída pela hipótese atômica. A decisão entre estas possibilidades é uma questão puramente experimental. Evidentemente existe um grande número de fatos – e eu incluo os fatos químicos entre eles – que podem ser completamente descritos por uma distribuição homogênea ou não periódica de energia no espaço. Se existem fatos que não podem ser descritos sem a suposição periódica, eu não ouso decidir pelo desejo do conhecimento; eu apenas me limito a dizer que não conheço nenhum” (OKI, 2009, p. 1078).

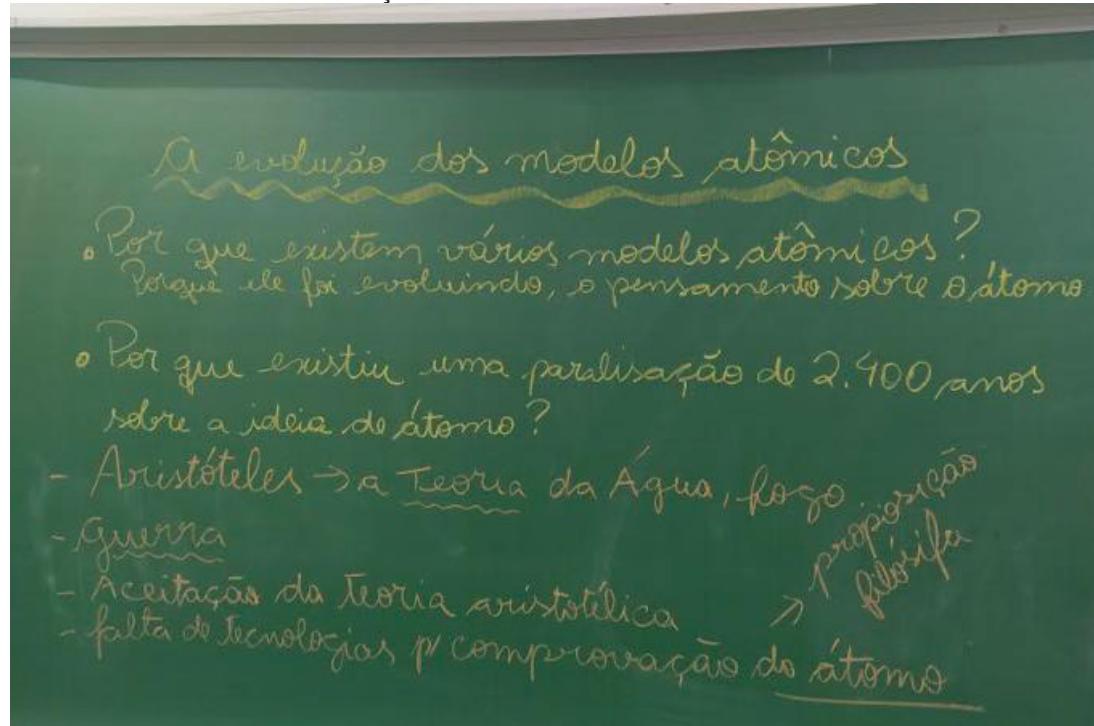
Contudo, sua ideia foi perdendo fôlego lentamente, uma vez que o projeto de unificação da ciência não se concretizava e seu arcabouço teórico começou a ser atacado por opositores. Ninguém menos que Max Planck (1858-1947), Albert Einstein (1879- 1955) e Ludwig Boltzmann (1844-1906). Pereira e Silva (2018) revelam que Ostwald foi convencido quanto à utilidade da teoria atômica entre os anos de 1908 e 1909, com a comprovação experimental da natureza atômica. Entretanto, a mudança conceitual de Ostwald, quanto ao átomo, acabou não afetando sua opinião sobre a importância da energia para a ciência, de modo que este cientista se manteve adepto ao Energeticismo até o fim da sua vida.

Referências Bibliográficas:

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. 3^a edição. São Paulo: Landy, 2001.
- ALFONSO-GOLDFARB, A., et al. **Percursos de história da química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.
- PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma história do antiatomismo: possibilidades para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v; 40, n. 1, p. 19-24, fev., 2018.

FONTE: A autora (2023).

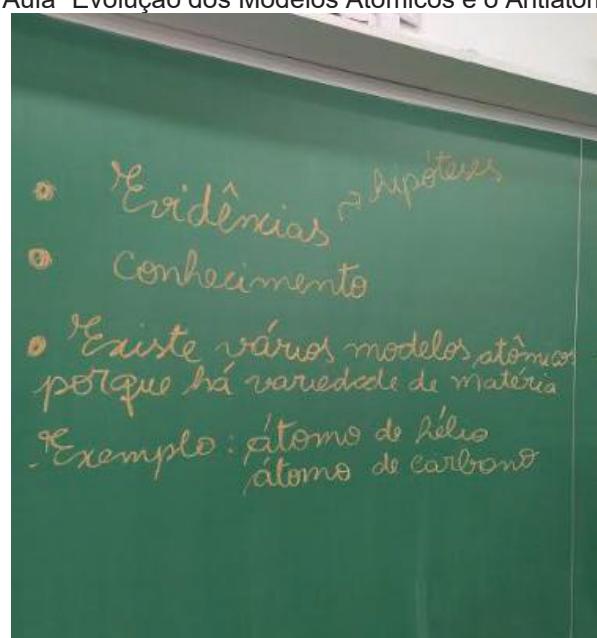
FIGURA 21 -Aula “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Síntese das questões problematizadoras.

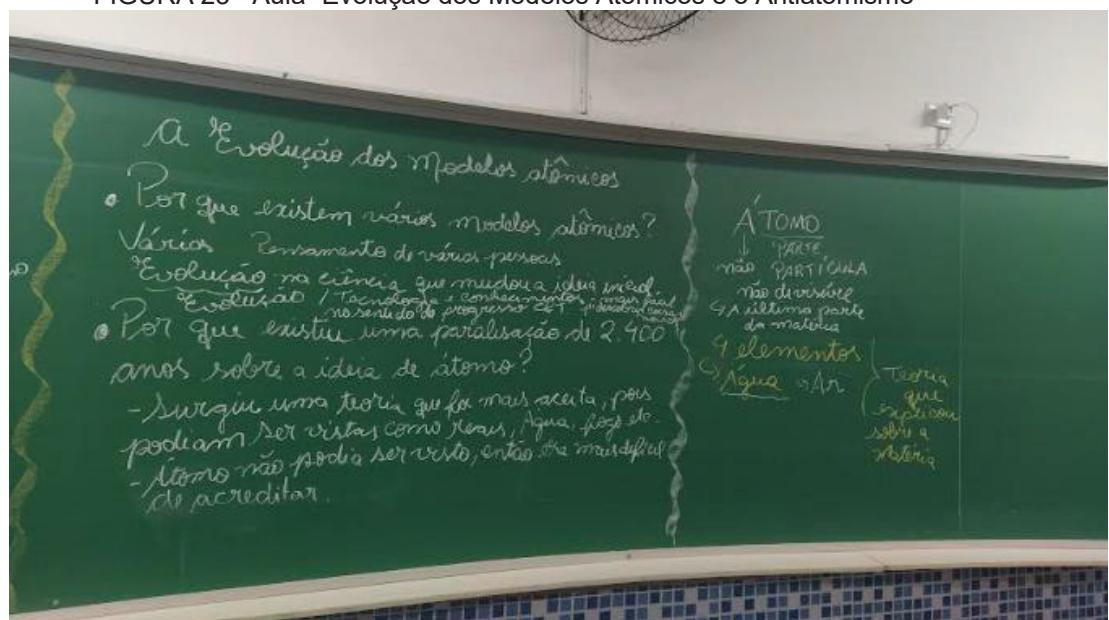
FIGURA 22 - Aula “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Síntese das questões problematizadoras.

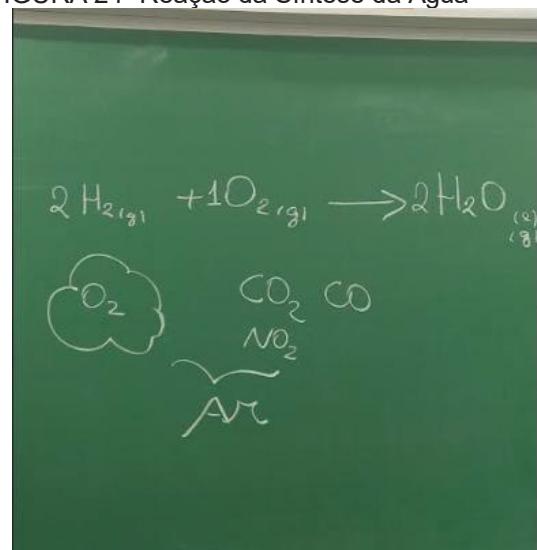
FIGURA 23 - Aula “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Síntese das questões problematizadoras.

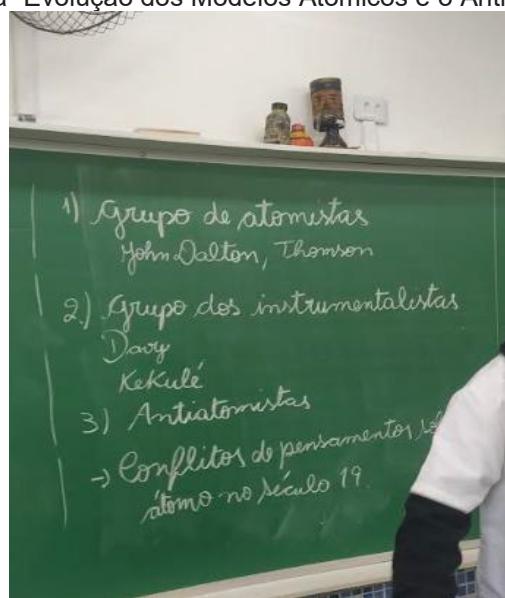
FIGURA 24 - Reação da Síntese da Água



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Explicação da Teoria dos 4 elementos de Aristóteles.

FIGURA 25 - Aula “Evolução dos Modelos Atômicos e o Antiatomismo”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Explicação das controvérsias científicas do século XIX.

AULA 10- DISCUSSÃO SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NA HISTÓRIA DO ANTIATOMISMO

A proposta de discussão a respeito da história do antiatomismo está sugeridas no QUADRO 31.

QUADRO 31 - Contribuições da História do Antiatomismo para o Ensino

STORYTELLING – CONTAÇÃO DE HISTÓRIA

A história do antiatomismo

Era uma vez uma ideia de átomo que permaneceu quase esquecida por mais de 2.000 anos. Mas será que esqueceram mesmo sobre o átomo?

Você já ouviu falar em “ÁTOMO”? Sabe o que esta palavra significa? Hoje vamos saber sobre a história do átomo.

Há muito tempo, no século V a.C., alguns pensadores, sábios, chamados filósofos, tentaram explicar o “porquê o mundo físico sofre mudanças”. Eles tinham muito interesse em explicar a ordem, a origem e a transformação do mundo. Alguns filósofos gregos, como Leucipo e Demócrito explicaram que o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos denominados de “átomo”, ou seja, a parte não divisível, a última parte da matéria. Estes filósofos afirmavam que as mudanças no mundo seriam apenas aparentes, uma vez que a real essência das coisas, permaneceriam imutáveis e não seriam destruídos ou criados.

No entanto, a proposta para explicar as transformações do mundo por meio do átomo sofreu concorrência. Ninguém menos que o famoso Aristóteles teve uma ideia diferente dos filósofos atomistas, com a Teoria dos Quatro Elementos: água, fogo, ar e terra. Na visão aristotélica, havia a existência de cinco elementos primordiais ordenados em dois planos diferentes: um supralunar (acima da lua), perfeito e incorruptível, composto por um único elemento, a saber: o éter. E outro plano, sublunar (abaixo da lua), formado por quatro elementos: água, fogo, ar e terra. Estes 4 elementos seriam transmutáveis entre si, portanto corruptíveis. E mais, quando combinados com as quatro qualidades fundamentais, sendo estas: quente, seco, úmido e frio, geraria os quatro elementos fundamentais.

Aristóteles criticou os filósofos atomistas ao argumentar que os seres vivos são complexos demais para serem compreendidos por meio da união e separação de partículas. Além disso, refutou o atomismo com experiências sensoriais simples, como o fenômeno da evaporação do ar, o que ele considerou como a lenta transformação do elemento água no elemento ar. Uma explicação coerente para o contexto da época (Pereira e Silva, 2018).

Então, a Teoria dos Quatro Elementos foi uma teoria rival do atomismo e Aristóteles foi antiatomista. Paralelamente, a transformação da matéria foi uma ideia muito debatida na Alquimia que é muito antiga, e foi praticada por vários povos, de diferentes crenças e misticismo. A principal ideia referente às transformações da matéria estava relacionada ao processo de transmutações dos metais, que os alquimistas tentavam transmutar os metais menos nobres em ouro, prata, cobre. A alquimia árabe foi uma articulação entre a filosofia, o misticismo e os saberes manipulativos que visavam o entendimento e o domínio dos fenômenos naturais, incluindo a transformação da matéria. Os alquimistas árabes, entre eles Jâbir ibn Hayyan, explicaram a essência dos metais a partir da Teoria do “enxofre e mercúrio”. A partir desta teoria, todos os metais seriam constituídos por enxofre (essência masculina, que representava a combustibilidade da matéria) e mercúrio, a essência feminina, responsável pela metalicidade da matéria. Por meio da junção do enxofre e mercúrio, seria possível transformar um dado metal em outro mais nobre apenas alterando a proporção desses dois elementos através de diferentes técnicas de separação e purificação. Por exemplo, o processo de destilação foi desenvolvido na alquimia e é muito utilizado até os nossos dias (Alfonso-Goldfarb, 2001), (Alfonso-Goldfarb et al., 2016).

A alquimia foi levada até a Europa pelos povos árabes que imigraram para aquela região no final do século XII. Ao chegar à Europa, a alquimia árabe foi re(interpretada) por representantes do clero, entre eles Albert Magno (1193-1280) e Roger Bacon (1214 -1292), sob uma cosmovisão cristã. No processo de adaptação da alquimia, foi criada uma filosofia natural que englobava as

técnicas de manipulação da matéria e os conhecimentos especulativos dos alquimistas árabes e dos filósofos clássicos, como o próprio Aristóteles. Após, no século XVII, filósofos naturais mecanicistas, tais como Pierre Gassendi (1592-1622) e Robert Boyle (1627-1691) criticaram os atomistas clássicos, pois a ideia de átomos e vazio era por si só muito complexa. Boyle foi um dos principais representantes da alquimia na Royal Society de Londres e tanto ele como seus colegas, filósofos naturais, não compreenderam como os átomos poderiam explicar as transformações do mundo (Alfonso-Goldfarb, 2001), (Alfonso-Goldfarb et al., 2016).

Boyle e outros membros da Royal Society eram mecanicistas. Estes, compreendiam o Universo como uma grande máquina, criada por um intelecto superior, e haveria pequenas engrenagens que, aglomeradas seriam os constituintes de toda a realidade. No entanto, eles utilizavam os elementos de Aristóteles para explicar a transformação da matéria.

Podemos perceber nesse ponto da história que a Teoria dos Quatro Elementos foi a principal causa de o atomismo não crescer como teoria científica, pois aquela teoria foi muito bem adaptada na alquimia e no mecanicismo (forte na Inglaterra), até por volta do século XVII.

O enfraquecimento da Teoria dos Quatro Elementos iniciou com a química de Lavoisier, que trouxe a ideia da combustão, na qual o ar, anteriormente concebido como elemento, seria agora constituído por $O_{2(g)}$, $CO_{(x)}$, $NO_{(x)}$ e outros elementos. Até mesmo a água não seria mais um elemento, mas sim uma molécula, formada por $O_{2(g)}$ e $H_{2(g)}$.

PARTE 2 – AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS DO SÉCULO XIX - ATOMISTAS, ANTIATOMISTAS E OS INDECISOS

Uma parte importante e decisiva para a história do átomo diz respeito às diferentes opiniões que impediram por muitos séculos que a hipótese atômica fosse formalizada como teoria. Mas no século XIX, após as contribuições de Antonie Lavoisier (1743-1794) para a química, o átomo voltou a ser discutido por três grupos de cientistas.

No grupo dos atomistas, que acreditavam no átomo como realidade na natureza, estavam: Berzelius (1779-1848), que aperfeiçoou as ideias de Dalton; os mecanicistas Bryan Higgins (1741-1818), Thomas Thomson (1773-1852), que contribuiu para que a hipótese atômica virasse teoria e Willian Henry (1774 -1836). E mais, John Dalton (1766-1844), que ressignificou a hipótese atômica com a menor unidade participante das reações químicas, utilizando a definição de Lavoisier para elemento químico e criando os conceitos de pesos atômicos.

Dalton adotou como ponto de partida para suas determinações de pesos atômicos a tabela contendo 33 elementos, proposta por Lavoisier no seu "Traité Élémentaire de Chimie", de 1789. Dessa forma, aprimorou o 'conceito de elemento' de Lavoisier, fornecendo-lhe uma fundamentação de realidade por meio da articulação deste conceito com o de átomo. Oki (2009) comenta ainda que a reelaboração do conceito possibilitou a compreensão dos átomos como unidades mínimas de combinação da matéria.

No grupo dos indecisos, chamados formalmente de instrumentalistas, estavam o químico britânico Humphry Davy (1778-1829) e o químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896). Os instrumentalistas negavam a existência física dos átomos, ou ainda preferiam não se pronunciar, mas os consideravam entidades teóricas úteis à química.

O pensamento de Davy: "Davy acreditava que o atomismo era uma ferramenta importante para entender o comportamento das substâncias químicas, mas considerava inadequado assumir uma postura realista frente a essas entidades devido a sua natureza especulativa" (Pereira; Silva, 2018, p. 21).

O pensamento de Kekulé: "A questão de saber se os átomos existem ou não tem pouco significância de um ponto de vista químico: é uma discussão muito própria da metafísica... Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na real existência de átomos, levando a palavra em seu significado literal de partículas indivisíveis... Como um químico, contudo, eu considero a hipótese de átomos, não apenas aconselhável, mas como totalmente necessária na Química". Segundo Pereira e Silva (2018, p. 21), Kekulé se opôs à ideia de uma realidade atômica, mas não negava a importância desse conceito para a Química.

Os atomistas, por sua vez, criticaram os instrumentalistas, pois diziam que eles não ajudavam na construção da ideia atômica, na construção da ciência. Como exemplo, Davy foi criticado por Thomson ao dizer que certos cientistas faziam restrições ao uso de entidades hipotéticas para explicar dados empíricos. Como exemplo, Davy deixa de comentar a palavra átomo de Dalton e a substitui por "proporções" ou "números proporcionais", para não se

comprometer filosoficamente.

No grupo dos antiatomistas do século XIX estavam: Louis Gay-Lussac (1778-1850), Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) e William Whewell (1794-1868). Para estes cientistas, a química deveria investigar a matéria sensível, e não corpúsculos impossíveis de serem observados. Eram defensores de uma abordagem empirista e consideravam as grandezas mensuráveis, bem como os fenômenos observáveis como os aspectos mais importantes da Química. Como exemplo, os químicos célicos utilizavam os pesos atômicos. Estes, correspondiam às massas relativas de combinação das substâncias nas reações químicas, permitindo interpretar quantitativa e macroscopicamente as reações químicas por meio de relações de massa entre reagentes e produtos.

De acordo com Oki (2009), Gay-Lussac enunciou uma lei empírica sobre a relação entre os volumes de reagentes gasosos em uma reação química. Nesta lei, não se utilizou ideias atomistas já que tal cientista não compartilhava das concepções de Dalton. Gay-Lussac foi formado na École Polytechnique de Paris e, como experimentalista, deu grandes contribuições tanto para a ciência pura quanto para a tecnologia industrial. O seu trabalho enquadra-se numa tradição empirista, comum no início do século XIX, que valorizava as propriedades mensuráveis, como volume e equivalente, questionando o uso de entidades não visíveis e hipotéticas como os átomos.

O pensamento de Dumas, em 1837:

“Químicos antigos e modernos têm uma coisa em comum: seu método. O que é esse método, tão antigo como a própria ciência, e que a caracteriza desde seus primórdios? É a total crença no testemunho dos sentidos; é uma crença sem limites na experiência; é a submissão cega ao poder dos fatos. Antigos ou modernos, os químicos querem ver com os olhos dos seus corpos físicos antes de empregar os da mente: eles querem fazer teorias a partir dos fatos e não procurar fatos para qualquer teoria preconcebida” Pereira e Silva (2018, p. 21).

A base filosófica destes químicos antiatomistas estava no indutivismo, ceticismo e posteriormente no positivismo, em que importava o experimento que poderia ser visível. Rejeitavam assim, a especulação em torno dos átomos.

Oki (2009) comenta que as divergências entre Dalton e Gay-Lussac revelam a influência das questões filosóficas, políticas, econômicas ou culturais nas atitudes do cientista, podendo até mesmo dificultar a aceitação de novos conhecimentos.

E mais, Wilhelm Ostwald (1853-1932) defendeu a química sem átomos.

Segundo Oki (2009), Wilhelm Ostwald, Georg Helm (1851-1923) e o francês Pierre Duhem (1861-1916) foram defensores do energeticismo. Estes consideravam que cabia à ciência a descrição dos fatos e do que era sensorialmente observado. Assim, Ostwald propôs uma ciência sem o uso do conceito de átomo, usando para isto o Energeticismo. Baseava-se nas leis termodinâmicas de energia e livres de entidades inobserváveis e indetectáveis por meio da experimentação. Ou seja, livre de átomos. O energeticismo alcançou relativa popularidade no fim do século XIX, especialmente por causa das publicações de Ostwald.

O pensamento de Ostwald:

“É possível deduzir a partir dos princípios da dinâmica química todas as leis estequiométricas. [...]. O que nós chamamos matéria é apenas um complexo de energias que nós encontramos juntas no mesmo lugar. Nós estamos ainda perfeitamente livres, se nós quisermos, supor ou que a energia preenche o espaço homogeneamente, ou de uma forma periódica ou granulada; a última suposição seria substituída pela hipótese atômica. A decisão entre estas possibilidades é uma questão puramente experimental. Evidentemente existe um grande número de fatos – e eu incluo os fatos químicos entre eles – que podem ser completamente descritos por uma distribuição homogênea ou não periódica de energia no espaço. Se existem fatos que não podem ser descritos sem a suposição periódica, eu não ouso decidir pelo desejo do conhecimento; eu apenas me limito a dizer que não conheço nenhum” (OKI, 2009, p. 1078).

Contudo, sua ideia foi perdendo fôlego lentamente, uma vez que o projeto de unificação da ciência não se concretizava e seu arcabouço teórico começou a ser atacado por opositores. Ninguém menos que Max Planck (1858-1947), Alberto Einstein (1879- 1955) e Ludwig Boltzmann (1844-1906). Pereira e Silva (2018) revelam que Ostwald foi convencido quanto à utilidade da teoria atômica entre os anos de 1908 e 1909, com a comprovação experimental da natureza atômica. Entretanto, a mudança conceitual de Ostwald, quanto ao átomo, acabou não afetando sua opinião sobre a importância da energia para a ciência, de modo que este cientista se manteve adepto ao Energeticismo até o fim da sua vida.

Referências Bibliográficas: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química.** 3^a edição. São Paulo: Landy, 2001.

ALFONSO-GOLDFARB, A., et al. **Percursos de história da química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.

PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma história do antiatomismo: possibilidades para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v; 40, n. 1, p. 19-24, fev., 2018.

Questões sobre Natureza da ciência e conceitos da epistemologia de Fleck:

Quais foram as teorias rivais na história do antiatomismo?

Rivalidade de teorias: Teoria Atômica demorou até o século XX para ser desenvolvida porque encontrou embates científicos, com a Teoria dos Quatro Elementos, a Teoria do Enxofre e Mercúrio, que passou por adaptações na alquimia europeia, e com o mecanicismo, que durou até o século XVII. Fora o embate de ordem filosófica que ocorreu no século XIX, com os atomistas, os antiatomistas e os instrumentalistas, que consideravam a ideia atômica útil para aplicação, mas não assumiam a existência dos átomos.

Como os cientistas pensaram a transformação da matéria? O que os cientistas do século XIX defenderam sobre a hipótese atômica enquanto realizavam suas pesquisas na química?

Rivalidade de Pensamentos: Três grupos se opuseram na compreensão sobre o átomo no século XIX. O grupo dos atomistas, que defendiam que os átomos são reais na natureza; o grupo dos antiatomistas, que defendiam uma ciência empírica, com entidades observáveis, sendo que Ostwald defendeu a química sem os átomos, apenas com o energeticismo (estudo da energia, e toda a físico-química foi desenvolvida a partir desta ideia). E os instrumentalistas, que consideravam os átomos úteis para a ciência, mas não defendiam a sua existência filosófica, não se posicionaram.

Quais mudanças ocorreram na percepção sobre átomo ao longo da história do antiatomismo?

Protoideia – a ideia de átomo dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito como uma Protoideia do átomo atual. Conhecimentos anteriores auxiliam na construção do novo conhecimento. Identificação de Coletivos e Estilos de Pensamento: Os filósofos gregos Leucipo e Demócrito num Estilo e Aristóteles pertencente a outro Estilo, porém pertencentes ao mesmo Coletivo de Pensamento. A alquimia árabe adaptada à cultura cristã, um outro Estilo de Pensamento estava sendo formado. Os filósofos naturais do século XVII tentaram compreender as transformações do mundo com base no mecanicismo, complicações no Estilo de Pensamento. Os representantes do atomismo e os antiatomista pertenciam a Estilos de Pensamento distintos, um terceiro grupo transitaram por dois Estilos de Pensamento, não ajudaram na proposição da teoria atômica, mas possibilitaram a Circulação Intercoletiva de Ideias. Complicações no Estilo de Pensamento, especialmente no decorrer do século XIX com a hipótese atômica de Dalton. Harmonia das Ilusões: Ostwald permaneceu acreditando na importância do energeticismo para a ciência, mesmo após a comprovação do átomo.

FONTE: A autora (2023).

LEGENDA: Taxado em rosa = conceitos científicos; verde = aspectos da Natureza da Ciência.

As reflexões sobre Natureza da Ciência e epistemologia de Fleck (2010) na história do antiatomismo podem ser percebidas por meio do QUADRO 32.

QUADRO 32 - Respostas sobre as Reflexões

Categorias	Critérios- Qual situação presente na história você percebe cada categoria?
Protoideia	A ideia de “Átomo” dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito (século V a. C) como pré-ideia para o átomo atual.
Coletivo de Pensamento	1)Filósofos gregos, Leucipo e Demócrito, Aristóteles; 2) Alquimistas; alquimia na Europa (readaptada); 3) mecanicistas da Royal Society de Londres, século XVII. 4) Cientistas do século XIX: atomistas, antiatomistas, instrumentalistas. Os grupos destacados de 1 a 4 representam Coletivos de Pensamentos. Dentro de cada Coletivo, pode existir um ou mais Estilos de Pensamentos que percebem de maneira distinta o objeto de estudo.
Estilo de Pensamento	Estilos de Pensamentos distintos: atomistas <i>versus</i> antiatomistas em vários momentos da história, desde antiguidade até século XIX.
Fato Científico	“Átomo” foi o Fato Científico dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, cujo problema de pesquisa foi: “por que o mundo físico sofre mudanças?”. A explicação era por meio dos átomos: “o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos, denominados de “átomo”, a parte não divisível, a última parte da matéria”. A teoria dos 4 elementos: água, ar, fogo, terra, os quais sofriam transformação representou o Fato Científico para Aristóteles. Energeticismo foi o Fato Científico para Ostwald.
Mutação no Estilo de Pensamento	A química de Lavoisier enfraqueceu a teoria dos 4 elementos. Com a ideia de combustão, o ar não seria mais um elemento, mas sim uma molécula composta por $O_{2(g)}$, $CO_{(x)}$, $NO_{(x)}$. Até mesmo a água não seria mais um elemento, mas uma molécula composta por $O_{2(g)}$ e $H_{2(g)}$. No século XIX, a hipótese do átomo de Dalton trouxe a antiga ideia de átomo no cenário científico. No início do século XX, a teoria atômica de Thomson, comprovou experimentalmente a existência do átomo, por causa da presença de partículas de elétrons. O Coletivo e Estilo de Pensamento de cientistas do século XX aceitou o átomo como central no estudo da química/física.
Harmonia das Ilusões	Mesmo sendo convencido que o átomo existia, Ostwald continuou acreditando no energeticismo como central para a química.
Círculo Esotérico	O grupo dos filósofos gregos era um círculo de especialistas. Os mecanicistas, que utilizaram conhecimentos anteriores, inclusive da alquimia, pertenceram a um círculo esotérico. No Século XIX, os atomistas, antiatomistas e os instrumentalistas são outro exemplo de círculo esotérico.
Circulação Intercoletiva de Ideias	Os instrumentalistas do século XIX, aqueles que ficaram em cima do muro, transitaram por dois Estilos de Pensamentos distintos, não ajudaram na proposição da teoria atômica, no entanto possibilitaram a Circulação Intercoletiva de Ideias.

FONTE: Com base em Fleck (2010).

AULA 11- A EVOLUÇÃO DO BENZENO

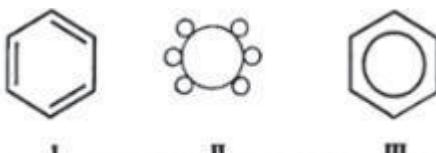
Neste episódio vamos conhecer a biografia de um material, mostrado em formato de episódio histórico, presente no QUADRO 33.

QUADRO 33 - A Evolução do Benzeno

O Benzeno é um hidrocarboneto de origem petroquímica. De acordo com Menezes e Chaves (2022), houve três momentos na sua história de desenvolvimento. O primeiro, durante o século XIX, envolveu as controvérsias sobre a definição de sua estrutura. O segundo momento foi a atuação da indústria petroquímica e do Estado em sua definição como artefato tecnocientífico, a partir do século XX. E, por fim, o terceiro momento envolveu as atuais polêmicas sobre sua alta toxicidade e as legislações ineficientes que admitem índices inseguros de exposição humana, após 1980. Menezes e Chaves (2022) afirmam que uma substância, como caso de um artefato tecnocientífico, é capaz de afetar e ser afetado pelos sujeitos, campos e instituições.

A estrutura do benzeno é geralmente associada ao químico Friedrich August Kekulé (1829-1896), que teve um sonho em que visualizou uma serpente agarrada à própria cauda, numa estrutura cílica. No entanto, ao abrir a “caixa-preta”, Kekulé depara-se com o químico Johann Josef Loschmidt (1822-1895) e sua proposta de estrutura de 1861, contudo sua contribuição não foi reconhecida pela academia (Menezes e Chaves, 2022). As estruturas para o Benzeno são apresentadas na FIGURA 1.

FIGURA 1- As Estruturas do Benzeno



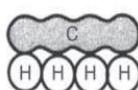
FONTE: Menezes e Chaves, (2022).

LEGENDA: Estrutura proposta por Kekulé (I); Estrutura de Loschmidt (II) e estrutura atual (III).

Uma possível explicação para o não reconhecimento da estrutura de Loschmidt foi buscada na noção de artefatos e questões de redes, escrito por Latour (2017), colocado por Menezes e Chaves (2022). De acordo com esta especulação, o químico Loschmidt estava longe dos circuitos da química, no sentido de circulação de ciências, e por isso sua publicação circulou restritamente. Por outro lado, Kekulé manteve os circuitos necessários porque era conhecido no campo científico, também tinha boas práticas discursivas e seus textos foram amplamente divulgados.

Um detalhe sobre a construção da estrutura do benzeno é apresentado em Souza (2020): Em 1850, Kekulé inicia uma idealização daquilo que viria a ser uma teoria estrutural para a química orgânica, pois crescia a quantidade de substâncias orgânicas que começavam a ser conhecidas. Como exemplo, na molécula de metano Kekulé relaciona o tamanho da representação para cada átomo de acordo com a sua valência. Assim, o tamanho do átomo de carbono sugere a tetravalência. Já o átomo de hidrogênio foi chamado de monovalente por realizar apenas uma combinação. Tais representações de valência são mostradas na FIGURA 2.

FIGURA 2: As Valências do Metano (CH_4)

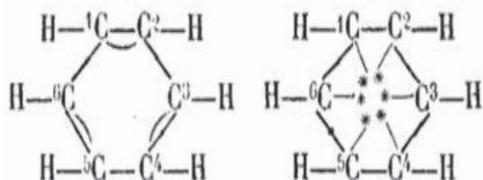


FONTE: Araujo Neto (2007), Nogueira; Porto (2019) e Souza (2020, p.52).

LEGENDA: apresentação da tetravalência do carbono.

Desse modo, Kekulé propôs a tetravalência do carbono sustentada por numerosos exemplos de compostos e de reações. O benzeno, por exemplo, foi a primeira representação simbólica a não utilizar caracteres alfabéticos. Era conhecida a fórmula empírica do benzeno: C_6H_6 , sendo uma substância altamente estável e livre de combinações químicas. Entretanto, havia a dúvida de como apenas seis átomos de hidrogênio poderiam estar associados a seis átomos de carbono. A solução apresentada por Kekulé foi a cadeia cíclica, na qual cada átomo de carbono estaria ligado entre si, formando um hexágono. E então, cada átomo de hidrogênio estaria associado a um átomo de carbono. Contudo, houve debates sobre como estaria situada a quarta valência de cada carbono nesse ciclo, já que duas valências ocorriam entre os carbonos e a terceira seria completada com o átomo de hidrogênio. Kekulé propôs a dupla alternada entre os carbonos e Julius Lothar Meyer (1830-1895) discutiu, no ano de 1872, a afinidade livre para cada átomo de carbono. Essa discussão se estendeu por cerca de trinta anos. Uma representação sobre a quarta valência de cada átomo de carbono, presente no benzeno, é apresentada na FIGURA 3.

FIGURA 3: A Quarta Valência do Carbono



FONTE: Araujo Neto (2007) e SOUZA (2020, p. 53).

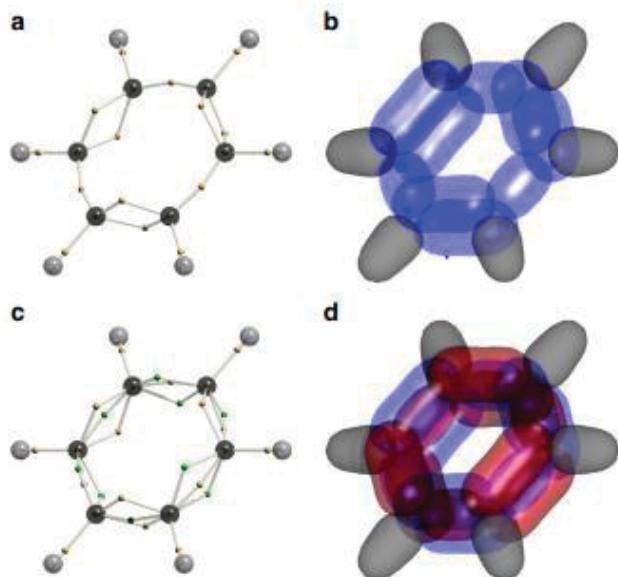
LEGENDA: Apresentação da quarta valência do carbono pensado por Kekulé como duplas alternadas (a esquerda) e por Meyer como afinidade livre (a direita).

Muitos outros cientistas debateram e contribuíram para que a teoria de tetravalência do carbono e a estrutura para o benzeno fossem aceitas dentro da comunidade científica. Por exemplo, Couper utilizou o conceito de afinidade eletiva ao propor a valência variável para os elementos, enquanto Kekulé a considerava como constante. Ou seja, ambos propuseram a tetravalência do carbono e a formação de cadeia carbônica, fortalecendo a teoria estrutural.

Além disso, Pauling contribuiu para encerrar as dúvidas sobre a estrutura do benzeno ao propor a ideia de ressonância, após dois artigos publicados sobre a 'Natureza da Ligação Química', nos anos de 1931 e 1933. Todavia, ainda que a estrutura de benzeno tenha sido aceita pela comunidade científica como um híbrido de ressonância, não significa que este conhecimento tenha sido finalizado. Pesquisas recentes, como a de Schmidt *et al.* (2020), demonstram outras possibilidades para a estrutura fundamental na deslocalização dos elétrons no anel benzênico⁵⁸ (SOUZA, 2020, p. 54). A deslocalização dos elétrons do benzeno é apresentada na FIGURA 4.

⁵⁸ Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15039-9>>. Acesso em 08 set. 2022.

FIGURA 4: A Estrutura do Benzeno (atualmente)



FONTE: Schmidt *et al.* (2020).

LEGENDA: **Apresentação da estrutura do Benzeno.** a. As posições dos elétrons de um spin arbitrário são mostradas como pequenas esferas amarelas. b. seções transversais da função de onda em uma ligação C-C, os elétrons são mostrados em cinza. c. As posições dos elétrons de cada spin são mostradas respectivamente como pequenas esferas amarelas e verdes. d. Os dois spins da ligação C-C são os elétrons mostrados em azul e vermelho. As ligações C-H são mostradas em cinza.

Referências Bibliográficas:

- ARAUJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 7, p. 13-24, dez. 2007.
- LATOUR, B. **A esperança de pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. São Paulo: Editora UNESP, 2017.
- MENEZES, A. C. R.; CHAVES, B. S. **A historicidade do benzeno**: a construção de um artefato tecnocientífico. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18, Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, setembro de 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct/> e <https://www.youtube.com/watch?v=Gk69PSzcfhk>. Acesso em 08 set. 2022.
- NOGUEIRA, Helena S. Alvares; PORTO, Paulo Alves. Entre tipos e radicais: a construção do conceito de valência. **Química Nova**, São Paulo, v. 42. n. 1, p. 117-127, nov. 2019.
- SCHMIDT, T. W. *et al.* The electronic structure of benzene from a tiling of the correlated 126-dimensional wavefunction. **Nature Communications**, Sydney, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15039-9>>. Acesso em 08 set. 2022.
- SOUZA, I. L. N. **A construção coletiva da ligação covalente por Linus Pauling, Gilbert N. Lewis, Irving Langmuir**: um estudo sobre a emergência de um fato científico. 116f. Dissertação (Mestrado- Educação em Ciências) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- ZATERKA, L. **A autonomia do conhecimento químico e seus desdobramentos filosóficos**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18., Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência e da Tecnologia, setembro de 2022, p. 278. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct/>. Acesso em 08 set. 2022.

FONTE: A autora (2023).

Após reler o episódio sobre a evolução do benzeno, responda à questão abaixo. Esta etapa corresponde a etapa 6 de Zabala (1998) e avaliação processual.

- Quais os aspectos sobre Natureza da Ciência e da epistemologia de Fleck (2010) podemos perceber neste episódio? Justifique cada conceito a partir do referencial fleckiano (colocar a interpretação dos conceitos, tais como Fato Científico, Coletivo e Estilo de Pensamento, Círculo Esotérico, Circulação Intercoletiva de Ideias). Consultar o QUADRO 9.
- Para ajudar na reflexão sobre os conceitos fleckianos, propõem-se os questionamentos: 1) Quais foram as controvérsias que envolveram a definição da estrutura do benzeno? 2) Qual foi a contribuição de Loschmidt para a química? 3) Por que Loschmidt não teve reconhecimento acadêmico? 4) Qual foi o motivo de Kekulé ter sido o cientista mais conhecido em relação à historicidade do benzeno? 5) Quais outros cientistas aparecem no estudo sobre a estrutura do benzeno?

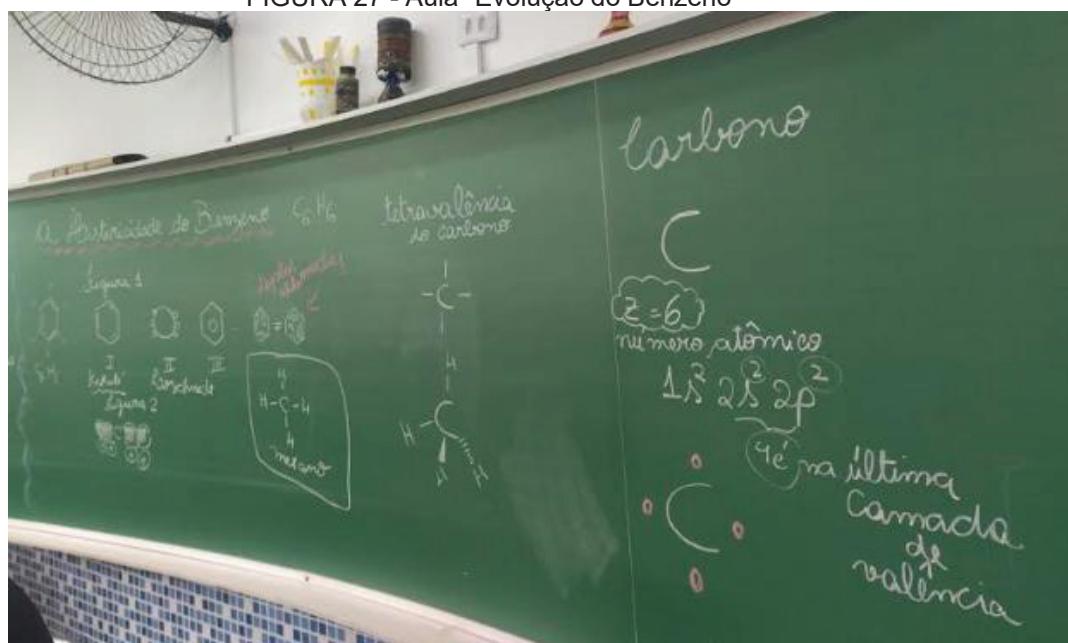
FIGURA 26 - Aula “Evolução do Benzeno”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Desenvolvimento do Episódio Histórico sobre a Evolução do Benzeno.

FIGURA 27 - Aula “Evolução do Benzeno”



FONTE: Autoria própria (2023).

LEGENDA: Desenvolvimento do Episódio Histórico sobre a Evolução do Benzeno.

AULA 12- DISCUSSÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DO BENZENO

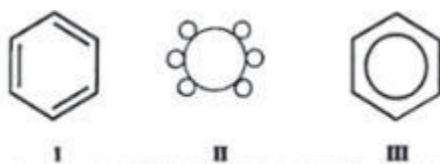
As possibilidades de discussão sobre a Natureza da Ciência e a Evolução do Benzeno são apresentadas no QUADRO 34.

QUADRO 34 - A Evolução do Benzeno (marca texto)

O Benzeno é um hidrocarboneto de origem petroquímica. De acordo com Menezes e Chaves (2022), houve três momentos na sua história de desenvolvimento. O primeiro, durante o século XIX, envolveu as controvérsias sobre a definição de sua estrutura. O segundo momento foi a atuação da indústria petroquímica e do Estado em sua definição como artefato tecnocientífico, a partir do século XX. E, por fim, o terceiro momento envolveu as atuais polêmicas sobre sua alta toxicidade e as legislações ineficientes que admitem índices inseguros de exposição humana, após 1980. Menezes e Chaves (2022) afirmam que uma substância, como caso de um artefato tecnocientífico, é capaz de afetar e ser afetado pelos sujeitos, campos e instituições.

A estrutura do benzeno é geralmente associada ao químico Friedrich August Kekulé (1829-1896), que teve um sonho em que visualizou uma serpente agarrada à própria cauda, numa estrutura cíclica. No entanto, ao abrir a "caixa-preta", Kekulé depara-se com o químico Johann Josef Loschmidt (1822-1895) e sua proposta de estrutura de 1861, contudo sua contribuição não foi reconhecida pela academia (Menezes e Chaves, 2022). As estruturas para o Benzeno são apresentadas na FIGURA 1.

FIGURA 1- As Estruturas do Benzeno



FONTE: Menezes e Chaves, (2022).

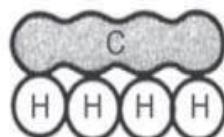
LEGENDA: Estrutura proposta por Kekulé (I); Estrutura de Loschmidt (II) e estrutura atual (III).

Uma possível explicação para o não reconhecimento da estrutura de Loschmidt foi buscada na noção de artefatos e questões de redes, escrito por Latour (2017), colocado por Menezes e Chaves (2022). De acordo com esta especulação, o químico Loschmidt estava longe dos circuitos da química, no sentido de circulação de ciências, e por isso sua publicação circulou restritamente. Por outro lado, Kekulé manteve os circuitos necessários porque era conhecido no campo científico, também tinha boas práticas discursivas e seus textos foram amplamente divulgados.

Um detalhe sobre a construção da estrutura do benzeno é apresentado em Souza (2020):

Em 1850, Kekulé inicia uma idealização daquilo que viria a ser uma teoria estrutural para a química orgânica, pois crescia a quantidade de substâncias orgânicas que começavam a ser conhecidas. Como exemplo, na molécula de metano Kekulé relaciona o tamanho da representação para cada átomo de acordo com a sua valência. Assim, o tamanho do átomo de carbono sugere a tetravalência. Já o átomo de hidrogênio foi chamado de monovalente por realizar apenas uma combinação. Tais representações de valência são mostradas na FIGURA 2.

FIGURA 2: As Valências do Metano (CH_4)

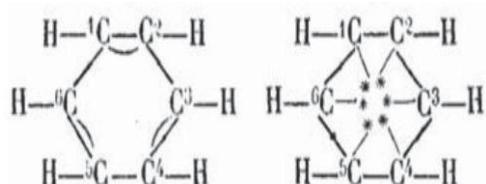


FONTE: Araujo Neto (2007), Nogueira; Porto (2019) e Souza (2020, p.52).

LEGENDA: apresentação da tetravalência do Carbono.

Desse modo, Kekulé propôs a tetravalência do carbono sustentada por numerosos exemplos de compostos e de reações. O benzeno, por exemplo, foi a primeira representação simbólica a não utilizar caracteres alfabéticos. Era conhecida a fórmula empírica do benzeno: C_6H_6 , sendo uma substância altamente estável e livre de combinações químicas. Entretanto, havia a dúvida de como apenas seis átomos de hidrogênio poderiam estar associados a seis átomos de carbono. A solução apresentada por Kekulé foi a cadeia cíclica, na qual cada átomo de carbono estaria ligado entre si, formando um hexágono. E então, cada átomo de hidrogênio estaria associado a um átomo de carbono. Contudo, houve debates sobre como estaria situada a quarta valência de cada carbono nesse ciclo, já que duas valências ocorriam entre os carbonos e a terceira seria completada com o átomo de hidrogênio. Kekulé propôs a dupla alternada entre os carbonos e Julius Lothar Meyer (1830-1895) discutiu, no ano de 1872, a afinidade livre para cada átomo de carbono. Essa discussão se estendeu por cerca de trinta anos. Uma representação sobre a quarta valência de cada átomo de carbono, presente no benzeno, é apresentada na FIGURA 3.

FIGURA 3: A Quarta Valência do Carbono



FONTE: Araujo Neto (2007) e SOUZA (2020, p. 53).

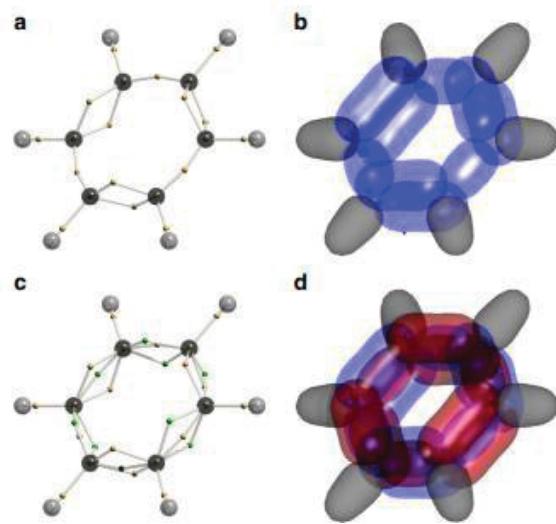
LEGENDA: Apresentação da quarta valência do carbono pensado por Kekulé como duplas alternadas (a esquerda) e por Meyer como afinidade livre (a direita).

Muitos outros cientistas debateram e contribuíram para que a teoria de tetravalência do carbono e a estrutura para o benzeno fossem aceitas dentro da comunidade científica. Por exemplo, Couper utilizou o conceito de afinidade eletiva ao propor a valência variável para os elementos, enquanto Kekulé a considerava como constante. Ou seja, ambos propuseram a tetravalência do carbono e a formação de cadeia carbônica, fortalecendo a teoria estrutural.

Além disso, Pauling contribuiu para encerrar as dúvidas sobre a estrutura do benzeno ao propor a ideia de ressonância, após dois artigos publicados sobre a 'Natureza da Ligação Química', nos anos de 1931 e 1933. Todavia, ainda que a estrutura de benzeno tenha sido aceita pela comunidade científica como um híbrido de ressonância, não significa que este conhecimento tenha sido finalizado. Pesquisas recentes, como a de Schmidt et al. (2020), demonstram outras possibilidades para a estrutura fundamental na deslocalização dos elétrons no anel benzênico⁵⁹ (SOUZA, 2020, p. 54). A deslocalização dos elétrons do benzeno é apresentada na FIGURA 4.

⁵⁹ Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15039-9>>. Acesso em 08 set. 2022.

FIGURA 4: A Estrutura do Benzeno (atualmente)



FONTE: Schmidt et al. (2020).

LEGENDA: **Apresentação da estrutura do Benzeno.** a. As posições dos elétrons de um spin arbitrário são mostradas como pequenas esferas amarelas. b. seções transversais da função de onda em uma ligação C-C, os elétrons são mostrados em cinza. c. As posições dos elétrons de cada spin são mostradas respectivamente como pequenas esferas amarelas e verdes. d. Os dois spins da ligação C-C são os elétrons mostrados em azul e vermelho. As ligações C-H são mostradas em cinza.

Referências Bibliográficas:

- ARAUJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 7, p. 13-24, dez. 2007.
- LATOUR, B. **A esperança de pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. São Paulo: Editora UNESP, 2017.
- MENEZES, A. C. R.; CHAVES, B. S. **A historicidade do benzeno**: a construção de um artefato tecnocientífico. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18, Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, setembro de 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct/> e <https://www.youtube.com/watch?v=Gk69PSzcfhk>. Acesso em 08 set. 2022.
- NOGUEIRA, Helena S. Alvares; PORTO, Paulo Alves. Entre tipos e radicais: a construção do conceito de valência. **Química Nova**, São Paulo, v. 42. n. 1, p. 117-127, nov. 2019.
- SCHMIDT, T. W. et al. The electronic structure of benzene from a tiling of the correlated 126-dimensional wavefunction. **Nature Communications**, Sydney, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15039-9>>. Acesso em 08 set. 2022.
- SOUZA, I. L. N. **A construção coletiva da ligação covalente por Linus Pauling, Gilbert N. Lewis, Irving Langmuir**: um estudo sobre a emergência de um fato científico. 116f. Dissertação (Mestrado-Educação em Ciências) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- ZATERKA, L. **A autonomia do conhecimento químico e seus desdobramentos filosóficos**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 18., Universidade de São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência e da Tecnologia, setembro de 2022, p. 278. Disponível em: <https://www.even3.com.br/18snhct/>. Acesso em 08 set. 2022.

Discussões sobre Natureza da Ciência e epistemologia de Fleck:

Qual foi o Fato Científico de Kekulé? Qual foi o Fato Científico de Loschmidt?

Quanto ao Fato Científico - Tetravalência do carbono e monovalência do hidrogênio, representam o objeto de estudo de Kekulé. Benzeno pode ter sido o Fato Científico de Loschmidt.

Quais foram as controvérsias que envolveram a definição da estrutura do benzeno?

Formação do Estilo de Pensamento em torno da estrutura da molécula do benzeno, tendo controvérsias sobre sua definição, sendo três períodos: o primeiro, no século XIX, circulação de ideias sobre a definição da estrutura do benzeno, a dúvida era como se formaria a quarta ligação do carbono dentro da estrutura C₆H₆. O segundo, no século XX, com o estado de definição do benzeno

como artefato tecnocientífico. O terceiro, após 1980, polêmicas sobre a alta toxicidade do benzeno e as legislações ineficientes que admitem índices inseguros de exposição humana.

Qual foi a contribuição de Loschmidt para a química? Por que Loschmidt não teve reconhecimento acadêmico?

Quanto ao Coletivo de Pensamento, provavelmente Loschmidt pertencia ao mesmo Coletivo e Estilo de Pensamento sobre as estruturas químicas, pois propôs uma estrutura cíclica para o benzeno, contribuindo assim para algo novo na química. Todavia, Loschmidt não estava incluído no mesmo Círculo Esotérico (círculo de especialistas) que Kekulé manteve contato. Assim, foi possível a Circulação Intercoletiva de Ideias com as ideias do cientista Kekulé, já Loschmidt estava fora destas circulações e seu trabalho não obteve reconhecimento. Loschmidt não pertencia ao Círculo Esotérico mais influente da época, e não estava na Circulação Intercoletiva de Ideias, na qual os Estilos de Pensamentos trocam informações relevantes para a área, entre seus pares.

Qual foi o motivo de Kekulé ter sido o cientista mais conhecido em relação à historicidade do benzeno?

De acordo com o episódio da historicidade do benzeno, “Kekulé manteve os circuitos necessários porque era conhecido no campo científico, também tinha boas práticas discursivas e seus textos foram amplamente divulgados.” Podemos interpretar que Kekulé pertencia a um Coletivo e Estilo de Pensamento de cientistas conhecidos entre seus pares. Pertenceu a um Círculo Esotérico, círculo de especialistas, que puderam lhe proporcionar reconhecimento acadêmico, a exemplo da divulgação dos seus textos que eram amplamente divulgados na comunidade científica, o que acarretou a Circulação Intercoletiva de Ideias.

Quais outros cientistas aparecem no estudo sobre a estrutura do benzeno?

Aparecem os nomes de: 1) Lothar Meyer (1830-1895) que discutiu a afinidade livre para cada átomo de carbono; 2) Couper que utilizou o conceito de afinidade eletiva ao propor a valência variável para os elementos, enquanto Kekulé a considerava como constante. Ou seja, ambos propuseram a tetravalência do carbono e a formação de cadeia carbônica, fortalecendo a teoria estrutural. Contribuíram coletivamente para a formação do Estilo de Pensamento sobre a estrutura a tetravalência do carbono nas cadeias carbônicas. 3) Linus Pauling (1901- 1994) contribuiu para estrutura do benzeno ao propor a ideia de ressonância. 4) Pesquisas recentes, como a de Schmidt *et al.* (2020), demonstram que as discussões em torno da deslocalização dos elétrons no anel benzênico ainda não se encerraram.

Outros aspectos da Natureza da Ciência:

Uso da imaginação, crenças pessoais (por meio de sonhos) para conceber a ideia cíclica, a exemplo da “serpente agarrada na própria cauda”. Caráter dinâmico da ciência, pois houve mudanças na teoria estrutural do benzeno, ainda existe discussão recente a respeito da estrutura do benzeno.

FONTE: Autora (2023).

LEGENDA: F = Epistemologia de Fleck; N = Natureza da Ciência (NdC); e A = Ambos.

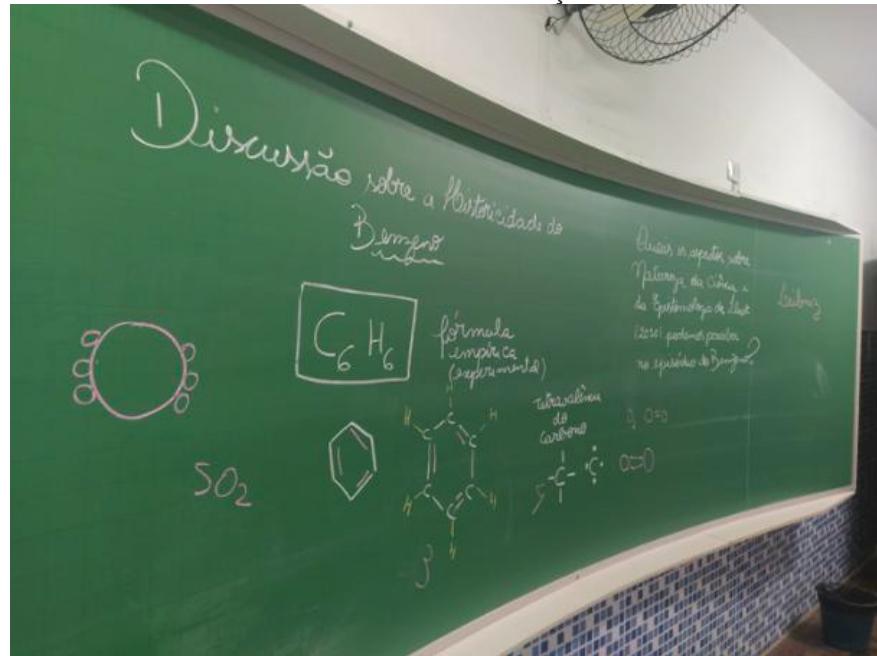
As reflexões sobre os conceitos da epistemologia de Fleck (2010) na historicidade do benzeno podem ser percebidas por meio do QUADRO 35.

QUADRO 35 - Respostas sobre as Reflexões

Categorias	Critérios – Como os conceitos fleckianos podem ser percebidos na historicidade do benzeno?
Coletivo de Pensamento	Quanto ao Coletivo de Pensamento, provavelmente Loschmidt pertencia ao mesmo Coletivo e Estilo de Pensamento dos químicos de sua época, em relação às estruturas químicas, pois propôs uma estrutura cíclica para o benzeno, contribuindo assim para algo novo na química. No entanto, Loschmidt mesmo tendo Estilo de Pensamento próximo a de outros químicos, não obteve reconhecimento acadêmico, como Kekulé.
Estilo de Pensamento	
Fato Científico	O Fato Científico para Kekulé foi a tetravalência do carbono e a monovalência do hidrogênio. O Fato Científico para Loschmidt pode ter sido o Benzeno.
Mutações no Estilo de Pensamento	Discussões sobre a estrutura do benzeno, como exemplo: afinidade livre para cada átomo de carbono ou valência constante? Como ocorre a quarta ligação em cada átomo de carbono na cadeia cíclica do benzeno? Há dupla conjugada no anel benzênico? O benzeno é um híbrido de ressonância? Como são as deslocalização dos elétrons no anel benzênico?
Círculo Esotérico	Kekulé pertenceu a um Círculo Esotérico que lhe proporcionou consolidação dos seus estudos, seus trabalhos foram amplamente divulgados. Já Loschmidt estava fora deste círculo de especialistas.
Circulação Intercoletiva de Ideias	O químico Loschmidt propôs uma estrutura cíclica para a estrutura do benzeno, no entanto seu trabalho não teve reconhecimento acadêmico provavelmente porque este cientista não pertencia ao mesmo Círculo Esotérico de Kekulé. Assim, Loschmidt não teve suas ideias circuladas próximas ao Estilo de Pensamento de Kekulé. Loschmidt não estava em meio a Circulação Intercoletiva de Ideias.

FONTE: Com base em Fleck (2010).

FIGURA 28 - Aula “Discussão sobre a Evolução do Benzeno”



LEGENDA: explicação sobre as estruturas do benzeno.

APÊNDICE B – AULA DE C&T PLANEJADA E NÃO APLICADA

EPISÓDIO HISTÓRICO: DESMISTIFICANDO A PILHA DE DANIELL

Objetivos da Aula: Desmistificar a pilha de Daniell apresentada nos Livros Didáticos de Química e mostrar a contextualização histórica e social da construção original da pilha, pensada por John Frederic Daniell (1790-1845).

Introdução: a pilha de Daniell é um conteúdo de Eletroquímica muito valorizado no currículo da Educação Básica. É a representação de um sistema gerador de eletricidade a partir de reações químicas. Contudo, de acordo com Costa (2020), há um distanciamento da pilha encontrada no contexto histórico e a do contexto escolar, isto é, Daniell se referia à pilha como bateria constante, cuja função era alimentação de telégrafos elétricos, muito necessários para o contexto da época.

Na apresentação do tema, para início da aula, sugere-se dois vídeos de curta duração a respeito do funcionamento da pilha de Daniell. O primeiro vídeo chama-se “Pilha de Daniell: experimento”, publicado no canal “ProfQuimicAr”, com duração de 51 segundos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=B_MPkOkJbgw>. Acesso em 23 de agosto de 2023. Em seguida, apresenta-se o segundo vídeo do Youtube intitulado “Mundo de Beakman (como funciona uma pilha)”, postado pelo canal “Films HD”, com duração de 4 min 22s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=e-F6TGMyK0k>>. Acesso em 22 de agosto de 2023. Corresponde a etapa 1 de Zabala (1998), no planejamento da SD.

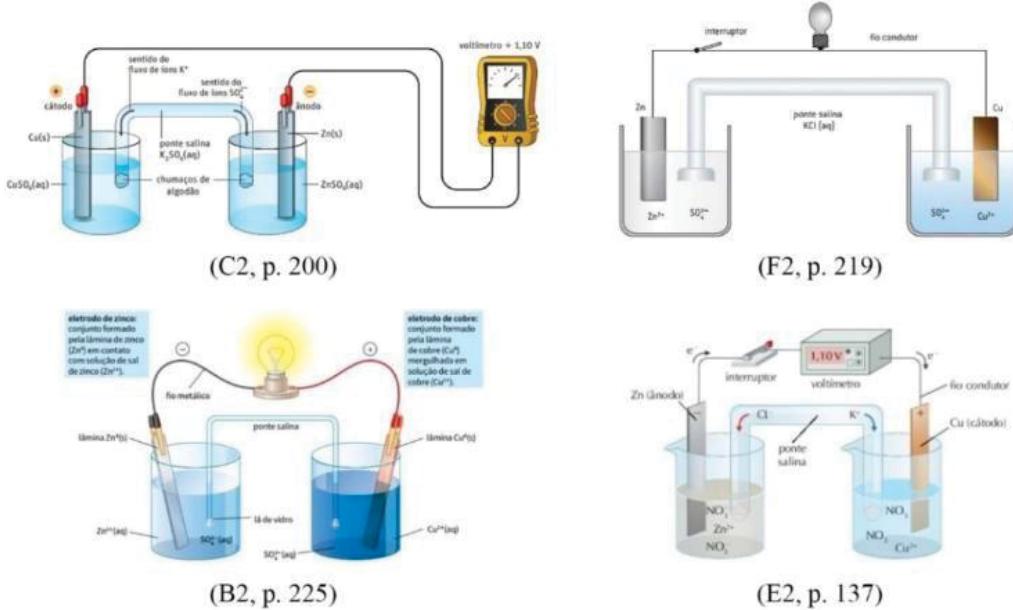
Proposta de problemas, conforme a etapa 2 de Zabala (1998):

- Desenhe uma pilha.
- Como funciona uma pilha?

Após alguns minutos, realiza-se o levantamento das respostas dos(as) alunos(as), sendo esta a etapa 3 de Zabala (1998). Depois, inicia-se a exposição do modelo didático sobre a pilha de Daniell, ou célula galvânica, que costuma aparecer nos Livros Didáticos – etapa 4 e 5 de Zabala (1998).

Apresentações de Eletrodos de Cobre e Zinco nas FIGURA 1.

Figura 29 - A Pilha de Daniell



FONTE: Sousa, Souza e Baldinato (2023, p. 368).

LEGENDA: Esquema de ilustrações da Pilha de Daniell apresentadas nos Livros Didáticos de Química da Coleção do PNLD 2018. Explicação: a montagem da pilha é ilustrada com dois recipientes, um contendo uma solução de sulfato de cobre e uma placa de cobre metálico, outro contendo uma solução de sulfato de zinco e uma placa de zinco metálico. As placas são conectadas por fios condutores a um dispositivo elétrico que evidencia a passagem de corrente. Já as soluções são ligadas por uma ponte salina, normalmente contendo solução de cloreto de potássio, para permitir o transporte de íons entre as soluções (Sousa, Souza e Baldinato, 2023, p. 368).

O episódio histórico sobre a desmistificação da Pilha de Daniell é apresentado no QUADRO 36.

QUADRO 36 - Desmistificação da Pilha de Daniell

John Frederic Daniell (1790-1845) foi aceito como membro da Royal Institution of Great Britain em 1819, sendo responsável pela seção de química entre os anos de 1828 até sua morte, em 1845. Seu ingresso na Royal Institution foi indicação de William Thomas Brande (1788-1866). O objetivo principal da Royal Institution era o de promover a divulgação científica e tecnológica para o público leigo. Dessa maneira, Daniell trabalhou intensamente com divulgação científica e foi professor no King's College de Londres. Daniell se tornou conhecido por seus trabalhos em eletroquímica, no entanto suas contribuições para ciência e tecnologia foram além: contribuiu no desenvolvimento de equipamentos, tais como: barômetro de água (medição da pressão atmosférica), pirômetro (medição de calor) e higrômetro - para medir umidade atmosférica. (Costa, 2021).

Daniell trabalhou numa refinaria de açúcar por 13 anos, fato que contribuiu para que ele conhecesse sobre processos químicos, uma vez que o açúcar era um produto caro e raro na Europa no século XIX. Assim, havia o interesse econômico das indústrias para melhores rendimentos e melhores processos para obtenção do açúcar. Devida suas qualidades profissionais, Daniell foi conselheiro governamental na questão de proteção dos navios da marinha britânica contra corrosão e contra relâmpagos (Costa, 2021).

Além de administrador e experimentador, foi professor e divulgador da ciência. Preocupava-se com a popularização e divulgação do conhecimento para o público leigo. Ajudou a fundar a Chemical Society of London (Sociedade Química de Londres), em 1836. Desenvolveu

seus estudos empíricos sobre eletroquímica na King's College, local onde lecionou.

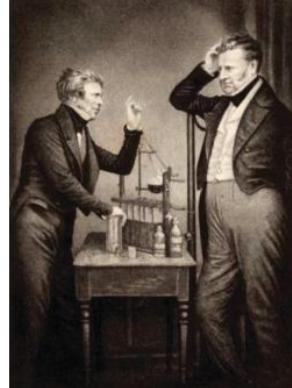
De acordo com Costa (2021), Daniell se preocupou em formalizar um tratado (um livro) que contivesse todo o escopo da química e alguns outros aspectos da filosofia natural de sua época. Buscava desempenhar um papel relevante na formalização do ensino de química em seu tempo, tornando a química mais acessível. O livro chamado "Uma introdução ao estudo da Filosofia Química" foi publicado em 1839, primeira edição, e em 1845, a segunda edição.

Daniell primeiro estudou sobre a eletricidade estática, começando pelas ideias atribuídas ao filósofo grego Tales de Mileto 625 a. C. Em segundo, estudou fluidos elétricos – condução ou não condução de eletricidade pelos materiais, sendo o seu maior interesse a condução de materiais metálicos (Costa 2021).

Durante o período de uma década, trabalhou em uma série de tentativas para aperfeiçoar dispositivos capazes de produzir corrente contínua, vindo a testar diversos materiais, sendo o de maior uso a sua bateria constante a parir da platina e zinco. "A escolha do par metálico de um dispositivo dessa natureza é um aspecto essencial para obtenção da desejada constância na produção da eletricidade" (Costa, 2021, p. 99).

Ao realizar seus estudos, Daniell citou mais de 30 autores, porém Michael Faraday (1791-1867) e William Snow Harris (1791-1867) foram os mais citados, indicando maior influência para o seu trabalho na construção da pilha. As trocas de cartas entre Daniell e Faraday eram intituladas "Sobre as combinações voltaicas" e foram publicadas sob forma de artigos na revista *Philosophical Transactions*, da Royal Institution, entre os anos de 1836 e 1839 (Costa, 2021), (Costa, Porto, 2021), (Sousa, Souza e Baldinato, 2023).

FIGURA 1: Daniell e Faraday



FONTE: Costa (2021, p. 40).

LEGENDA: Michael Faraday (à esquerda) e Daniell (à direita).

A bateria constante foi importante ferramenta para estudos em eletrólise desenvolvidos tanto por Daniell quanto por Faraday. Também foi utilizada para contextos social e econômico, constituindo-se em um marco para o estabelecimento de um sistema de comunicação em escala global, os telégrafos (Costa, 2021).

O estudo da pilha de Daniell e da pilha da gravidade vem mostrar que estas desempenharam uma importante contribuição para a história da comunicação. Pessoas do século XXI podem não fazer ideia de como era a comunicação em outros séculos.

FIGURA 2 – A Pilha de Daniell – Baterias Constante



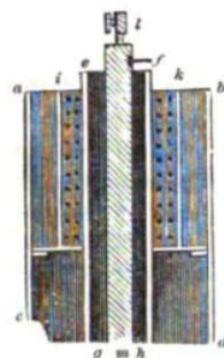
FONTE: Costa (2021).

LEGENDA: Bateria constante de Daniell, associação de dez células (à esquerda). Representação em cores elaborada a partir da gravura da construção original da pilha. No centro há uma haste de zinco amalgamado com mercúrio, circuncidado por um cilindro que tem uma parede porosa de argila (à direita).

“É possível observar como a pilha construída por Daniell era bem diferente dos modelos didáticos difundidos hoje: não havia recipientes separados feitos de vidro, mas recipientes concêntricos de argila porosa e cobre; um desses recipientes (cilindro externo) era o próprio eletrodo de cobre; não havia ponte salina (o contato entre os eletrólitos se dava através da argila porosa); um dos eletrólitos era ácido sulfúrico diluído, e o metal imerso nele não era zinco puro, mas amalgamado (isto é, uma liga de zinco e mercúrio)” (Costa e Porto, 2021, p. 1665).

O objetivo de Daniell, segundo Sousa, Souza e Baldinato (2023), era superar limitações da pilha volta, a mais conhecida da época, de modo que criasse uma bateria que permitisse corrente contínua e duradoura, e que tivesse uso prático. Em outras palavras, Daniell se dedicou à pesquisa em torno de baterias constantes, capazes de gerar eletricidade por maior tempo.

FIGURA 3: Corte Esquemático da Pilha de Daniell



FONTE: Sousa, Souza e Baldinato (2023, p. 371).

LEGENDA: o aparato original de Daniell era formado por uma haste de zinco amalgamado no centro, dentro de um recipiente cilíndrico poroso contendo uma solução diluída de ácido sulfúrico.

Esse recipiente ficava dentro de um segundo cilindro, feito de cobre e contendo uma solução saturada de sulfato de cobre. Esse cilindro maior abrigava um recipiente perfurado contendo sulfato de cobre sólido, com objetivo de manter a solução constantemente saturada.

Daniell precisou de aproximadamente 10 anos para chegar na versão final de sua pilha, a qual correspondia a um eletrodo de zinco amalgamado em um eletrólito de ácido sulfúrico diluído, e outro eletrodo de cobre em contato com uma solução ácida de sulfato de cobre. A separação entre os eletrólitos, inicialmente foi realizada com uma membrana de origem animal, porém posteriormente foi trocado por um recipiente de argila porosa. Essa pilha capaz de fornecer corrente contínua de maneira constante por um tempo considerável foi fundamental para a expansão das redes telegráficas no século XIX.

FIGURA 4: Telégrafo – Comunicação no Século XIX



FONTE: Costa (2021, p. 74).

A Inglaterra do início do século XIX, precisava se comunicar com outros polos industriais ou de exploração mineral para finalidades comerciais. Crescia a indústria têxtil e o algodão era proveniente das colônias inglesas, predominantemente da Índia. A comunicação para o contexto industrial e econômico era de extrema importância, e as cartas demoravam demais para chegar ao seu destino, dependendo da distância. O telégrafo inaugurou uma nova era na comunicação eficiente, conectando o mundo de uma forma que não era possível anteriormente.

Para a implementação de telégrafos era necessária uma fonte de alimentação de corrente contínua, obstáculo que Daniell ajudou a superar. O princípio físico utilizado no telégrafo era a condução de eletricidade por um material metálico. As palavras que constituíam uma mensagem eram codificadas em impulsos elétricos que deveriam percorrer a rede. As redes de transmissão consistiam em fios metálicos (inicialmente feito de ferro e depois substituídos por fios de cobre) revestidos por materiais isolantes como resinas ou borrachas naturais.

Referência Bibliográfica:

- COSTA, M. C. S. **Uma convergência entre a história da ciência e ensino de química: o caso da pilha de Daniell**, 2021. 112f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Interunidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- COSTA, M. C. S.; PORTO, P. A. A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 38, n. 3, p. 1.690-1.673, dez., 2021.
- SOUZA, B. M.; SOUZA, J. P. S.; BALDINATO, J. O. Experimentos históricos nos livros didáticos: implicações para o ensino de química. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 40, n. 2, p. 357-391, ago., 2023.

FONTE: Costa (2021); Costa, Porto (2021); (Sousa, Souza e Baldinato, 2023).

Após reler o episódio sobre a desmistificação da pilha de Daniell, responda à questão abaixo. Esta etapa corresponde a etapa 6 de Zabala (1998) e a avaliação é processual.

- Quais os aspectos sobre Natureza da Ciência e da epistemologia de Fleck (2010) podemos perceber neste episódio? Justifique cada conceito a partir do referencial fleckiano (colocar no QUADRO 19 a interpretação dos conceitos, tais como Fato Científico, Coletivo e Estilo de Pensamento, Círculo Esotérico, Círculo Exotérico, Circulação

Intracoletiva de Ideias, Circulação Intercoletiva de Ideias). Consultar o QUADRO 37.

QUADRO 37 - Conceitos de Fleck (2010) e nossa interpretação

Conceitos	Interpretação
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pensamentos, valores, regras e normas. Dentro deste é formado o Estilo de Pensamento. Um Coletivo de Pensamento pode ser institucionalizado, como exemplo a comunidade científica, sociedades ou grupos de pesquisas.
Estilo de Pensamento	É uma percepção direcionada, modo Gestalt de observar um objeto, fato, fenômeno. Representa o estado do conhecimento de um Coletivo de Pensamento e é um pensamento coercitivo ao sujeito.
Fato Científico	Objeto de pesquisa de um Estilo de Pensamento. Para Fleck, a sífilis representou um fato científico de maneira passiva e a Reação de Wassermann, teste diagnóstico da Sífilis, o modo ativo da construção do conhecimento humano.
Círculo Esotérico	Círculo de especialistas em determinada área. Os membros de um mesmo círculo possuem semelhança de linguagem e de percepção. É o saber especializado.
Círculo Exotérico	Círculo de pessoas leigas nos assuntos especializados. Podem conter pessoas no estilo 'leiga informada' e/ou especialistas de áreas distintas. Representa ainda, o saber popular.
Circulação Intracoletiva de Ideias	Circulação de pensamentos do saber especializado para o saber popular. Formação da opinião pública e fortalecimento da ciência na sociedade.
Circulação Intercoletiva de Ideias	Circulação de pensamentos dentro do círculo de especialistas (esotérico) ou entre Coletivos de Pensamentos próximos, pressupõem-se transformações no Estilo de Pensamento.

Fonte: Com base em Fleck (2010).

Discussões sobre a Desmistificação da Pilha de Daniell

Esta aula tem como objetivo apresentar a generalização das conclusões e síntese – etapa 7 de Zabala (1998). As possibilidades de discussão sobre a Natureza da Ciência e/ou epistemologia de Fleck no episódio histórico de desmistificação da pilha de Daniell são apresentadas no QUADRO 36.

QUADRO 38 - Desmistificação da Pilha de Daniell (marca texto)

<p>John Frederic Daniell (1790-1845) foi aceito como membro da Royal Institution of Great Britain em 1819, sendo responsável pela seção de química entre os anos de 1828 até sua morte, em 1845. Seu ingresso na Royal Institution foi indicação de William Thomas Brande (1788-1866). O objetivo principal da Royal Institution era o de promover a divulgação científica e tecnológica para o</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

público leigo. Dessa maneira, Daniell trabalhou intensamente com divulgação científica e foi professor no King's College de Londres. Daniell se tornou conhecido por seus trabalhos em eletroquímica, no entanto suas contribuições para ciência e tecnologia foram além: contribuiu no desenvolvimento de equipamentos, tais como: barômetro de água (medição da pressão atmosférica), pirômetro (medição de calor) e higrômetro - para medir umidade atmosférica. (Costa, 2021).

Daniell trabalhou numa refinaria de açúcar por 13 anos, fato que contribuiu para que ele conhecesse sobre processos químicos, uma vez que o açúcar era um produto caro e raro na Europa no século XIX. Assim, havia o interesse econômico das indústrias para melhores rendimentos e melhores processos para obtenção do açúcar. Devida suas qualidades profissionais, Daniell foi conselheiro governamental na questão de proteção dos navios da marinha britânica contra corrosão e contra relâmpagos (Costa, 2021).

Além de administrador e experimentador, foi professor e divulgador da ciência. Preocupava-se com a popularização e divulgação do conhecimento para o público leigo. Ajudou a fundar a Chemical Society of London (Sociedade Química de Londres), em 1836. Desenvolveu seus estudos empíricos sobre eletroquímica na King's College, local onde lecionou.

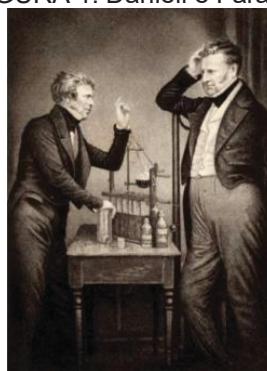
De acordo com Costa (2021), Daniell se preocupou em formalizar um tratado (um livro) que contivesse todo o escopo da química e alguns outros aspectos da filosofia natural de sua época. Buscava desempenhar um papel relevante na formalização do ensino de química em seu tempo, tornando a química mais acessível. O livro chamado “Uma introdução ao estudo da Filosofia Química” foi publicado em 1839, primeira edição, e em 1845, a segunda edição.

Daniell primeiro estudou sobre a eletricidade estática, começando pelas ideias atribuídas ao filósofo grego Tales de Mileto 625 a. C. Em segundo, estudou fluídos elétricos – condução ou não condução de eletricidade pelos materiais, sendo o seu maior interesse a condução de materiais metálicos (Costa 2021).

Durante o período de uma década, trabalhou em uma série de tentativas para aperfeiçoar dispositivos capazes de produzir corrente contínua, vindo a testar diversos materiais, sendo o de maior uso a sua bateria constante a parir da platina e zinco. “A escolha do par metálico de um dispositivo dessa natureza é um aspecto essencial para obtenção da desejada constância na produção da eletricidade” (Costa, 2021, p. 99).

Ao realizar seus estudos, Daniell citou mais de 30 autores, porém Michael Faraday (1791-1867) e William Snow Harris (1791-1867) foram os mais citados, indicando maior influência para o seu trabalho na construção da pilha. As trocas de cartas entre Daniell e Faraday eram intituladas “Sobre as combinações voltaicas” e foram publicadas sob forma de artigos na revista *Philosophical Transactions, da Royal Institution*, entre os anos de 1836 e 1839 (Costa, 2021), (Costa, Porto, 2021), (Sousa, Souza e Baldinato, 2023).

FIGURA 1: Daniell e Faraday



FONTE: Costa (2021, p. 40).

LEGENDA: Michael Faraday (à esquerda) e Daniell (à direita).

A bateria constante foi importante ferramenta para estudos em eletrólise desenvolvidos tanto por Daniell quanto por Faraday. Também foi utilizada para contextos social e econômico, constituindo-se em um marco para o estabelecimento de um sistema de comunicação em escala global, os telégrafos (Costa, 2021).

O estudo da pilha de Daniell e da pilha da gravidade vem mostrar que estas desempenharam uma importante contribuição para a história da comunicação. Pessoas do século

XXI podem não fazer ideia de como era a comunicação em outros séculos.

FIGURA 2 – A Pilha de Daniell – Baterias Constante



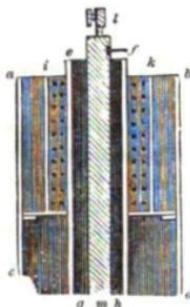
FONTE: Costa (2021).

LEGENDA: Bateria constante de Daniell, associação de dez células (à esquerda). Representação em cores elaborada a partir da gravura da construção original da pilha. No centro há uma haste de zinco amalgamado com mercúrio, circuncidado por um cilindro que tem uma parede porosa de argila (à direita).

“É possível observar como a pilha construída por Daniell era bem diferente dos modelos didáticos difundidos hoje: não havia recipientes separados feitos de vidro, mas recipientes concêntricos de argila porosa e cobre; um desses recipientes (cilindro externo) era o próprio eletrodo de cobre; não havia ponte salina (o contato entre os eletrólitos se dava através da argila porosa); um dos eletrólitos era ácido sulfúrico diluído, e o metal imerso nele não era zinco puro, mas amalgamado (isto é, uma liga de zinco e mercúrio)” (Costa e Porto, 2021, p. 1665).

O objetivo de Daniell, segundo Sousa, Souza e Baldinato (2023), era superar limitações da pilha volta, a mais conhecida da época, de modo que criasse uma bateria que permitisse corrente contínua e duradoura, e que tivesse uso prático. Em outras palavras, Daniell se dedicou à pesquisa em torno de baterias constantes, capazes de gerar eletricidade por maior tempo.

FIGURA 3: Corte Esquemático da Pilha de Daniell



FONTE: Sousa, Souza e Baldinato (2023, p. 371).

LEGENDA: o aparato original de Daniell era formado por uma haste de zinco amalgamado no centro, dentro de um recipiente cilíndrico poroso contendo uma solução diluída de ácido sulfúrico. Esse recipiente ficava dentro de um segundo cilindro, feito de cobre e contendo uma solução saturada de sulfato de cobre. Esse cilindro maior abrigava um recipiente perfurado contendo sulfato de cobre sólido, com objetivo de manter a solução constantemente saturada.

Daniell precisou de aproximadamente 10 anos para chegar na versão final de sua pilha, a qual correspondia a um eletrodo de zinco amalgamado em um eletrólito de ácido sulfúrico diluído, e outro eletrodo de cobre em contato com uma solução ácida de sulfato de cobre. A separação entre os eletrólitos, inicialmente foi realizada com uma membrana de origem animal, porém posteriormente foi trocado por um recipiente de argila porosa. Essa pilha capaz de fornecer corrente contínua de maneira constante por um tempo considerável foi fundamental para a expansão das redes telegráficas no século XIX.

FIGURA 4: Telégrafo – Comunicação no Século XIX



FONTE: Costa (2021, p. 74).

A Inglaterra do início do século XIX, precisava se comunicar com outros polos industriais ou de exploração mineral para finalidades comerciais. Crescia a indústria têxtil e o algodão era proveniente das colônias inglesas, predominantemente da Índia. A comunicação para o contexto industrial e econômico era de extrema importância, e as cartas demoravam demais para chegar ao seu destino, dependendo da distância. O telégrafo inaugurou uma nova era na comunicação eficiente, conectando o mundo de uma forma que não era possível anteriormente.

Para a implementação de telégrafos era necessária uma fonte de alimentação de corrente contínua, obstáculo que Daniell ajudou a superar. O princípio físico utilizado no telégrafo era a condução de eletricidade por um material metálico. As palavras que constituíam uma mensagem eram codificadas em impulsos elétricos que deveriam percorrer a rede. As redes de transmissão consistiam em fios metálicos (inicialmente feito de ferro e depois substituídos por fios de cobre) revestidos por materiais isolantes como resinas ou borrachas naturais. Dentre os diversos modelos de telégrafos, o que mais se popularizou foi o de Samuel Morse (1791-1872), pela sua simplicidade e eficácia na transmissão de mensagens.

Referência Bibliográfica:

COSTA, M. C. S. **Uma convergência entre a história da ciência e ensino de química: o caso da pilha de Daniell**, 2021. 112f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Interunidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

COSTA, M. C. S.; PORTO, P. A. A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 38, n. 3, p. 1.690-1.673, dez., 2021.

SOUZA, B. M.; SOUZA, J. P. S.; BALDINATO, J. O. Experimentos históricos nos livros didáticos: implicações para o ensino de química. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 40, n. 2, p. 357-391, ago., 2023.

Questões sobre Natureza da Ciência:

Circulação Intercoletiva de Ideias, Daniell se correspondeu com Michael Faraday e William Snow Harris, os quais contribuíram nos seus estudos.

Contexto social: uso de comunicação por meio de telégrafos, que precisavam de abastecimento de baterias constantes para eletricidade.

Popularização e divulgação científica, realizada pelo cientista Daniell.

FONTE: Costa (2021); Costa, Porto (2021); (Sousa, Souza e Baldinato, 2023).

Legenda: D = Relacionado a Daniell; I = Relações Interpessoais de Daniell; refere-se à Epistemologia de Fleck em ambos os casos.

Podemos ler a história da ciência e, com uma teoria que orienta o olhar, perceber conceitos da epistemologia de Fleck (2010) nesta história. Sugestão de QUADRO a ser preenchido pelos(as) estudantes, conforme o QUADRO 39.

QUADRO 39 - Conceitos de Fleck (2010) na desmistificação da Pilha de Daniell

Conceitos/Categorias	Interpretação/ qual parte da história você percebe cada categoria?
Coletivo de Pensamento	Daniell foi convidado para participar da Royal Institution, certamente por alguém que pertencia ao mesmo Coletivo de Pensamento. Após, se tornou responsável pela seção de química. Realizava divulgações científicas. Outros nomes citados pertenciam ao mesmo Coletivo, como Faraday e Snow Harris.
Estilo de Pensamento	É a modo de percepção que o cientista possui ao perceber um objeto de pesquisa. Daniell tinha como Estilo de Pensamento solucionar problemas de ordem científica e tecnológica.
Fato Científico	Fato Científico de Daniell era 'Pilhas' e materiais metálicos. Provavelmente o Fato Científico para Faraday era materiais elétricos também.
Círculo Esotérico	Círculo de Especialistas – nas questões de eletroquímica/eletrolise, Daniell participava desse círculo esotérico, junto a Faraday e Snow Harris.
Círculo Exotérico	Como participou da popularização da ciênciaativamente, indica que Daniell não ficou isolado no círculo esotérico (de especialistas), mas sim escreveu, conversou com outros círculos, participando de atividades na marinha, também na solução para os telégrafos de contexto econômico, e não só nesses locais, mas certamente com o grande público, vindo a popularizar a pilha de Daniell.
Circulação Intracoletiva de Ideias	Neste episódio, vimos um cientista que trabalhou na popularização de seus conhecimentos científicos, incluindo a popularização da pilha de Daniell para o público em geral; e na aplicação e uso dos telégrafos nos grandes centros comerciais no início do século XIX.
Circulação Intercoletiva de Ideias	Desenvolvimento do Estilo de Pensamento de que os materiais metálicos mais apropriados para a pilha eram o zinco e o cobre, após trocas de informações/comunicações com Faraday, entre outros cientistas pertencentes ao Círculo Esotérico da Eletricidade/ Eletroquímica.

Fonte: Com base em Fleck (2010).

APÊNDICE C – TRANSCRIÇÃO DA AULA 07: A CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA

A transcrição da Aula 07: A Construção Social do DNA é apresentada a seguir, no QUADRO 40.

QUADRO 40 - Transcrição da Aula 07

Pesquisadora assistente: ...essa pesquisa se concentra em primeiro, apresentar a parte teórica. Por exemplo, o que era ciência, quais são as concepções de ciência, eu apresentei duas concepções principais, depois a gente viu a epistemologia de Fleck. E agora, vamos ver uma revisão. Vocês tiveram a oportunidade de analisar/interpretar numa história da ciência, numa história real, interpretar por meio da epistemologia de Fleck, a história do DNA. Por que eu escolhi a História do DNA? Essa foi uma escolha minha, é uma decisão pessoal, e como pesquisadora de história da ciência, em história e filosofia da ciência, eu gosto muito dessa história. Foi uma das que mais mexeu comigo no doutorado. E depois, porque a história do DNA é uma das histórias mais fascinantes do século XX. E a gente diz "construção social" porque não foi simplesmente uma "descoberta". A descoberta é algo assim: eu vou aqui e descubro um giz azul debaixo do apagador, eu vou ali e desvendo algo, descortino, esse é o significado de "descoberta", mas na ciência as "descobertas" não são ao acaso, o cientista que está lutando por reconhecimento, ele está trabalhando, investigando, estudando, batalhando, ele está atrás daquele conhecimento, daquela molécula. Então, eles não descobrem as coisas assim do nada, a gente tem esse termo muito conhecido, muito forte nas aulas, mas não foi simplesmente ao acaso, ele estava indo atrás daquela complexidade da molécula do DNA. Então, por isso digo que foi uma construção social da ciência, porque teve a participação de vários cientistas. Quem ficou conhecido nessa história foi James Watson e Francis Crick, esses dois que receberam premiação acadêmica pela publicação que realizaram. Mas na verdade, o conhecimento sobre a complexidade do DNA, teve por traz: o conhecimento de Maurice Wilkins, Rosalind Franklin. A Rosalind Franklin era a única representante feminina nessa história. E a gente vê na história do DNA, uma desigualdade de gênero. Ela, por ser mulher, não recebeu reconhecimento acadêmico. Os dados dela do laboratório foram utilizados e ela não recebeu aviso, que iria ser publicado. Ela não recebeu aviso que os dados dela estavam sendo utilizados para publicação, ela não recebeu nenhum tipo de aviso. Watson não conversou com ela a respeito dos interesses de pesquisa dela. Ela tinha um conhecimento muito apurado na tecnologia, porque ela pesquisava cristalografia, que é um instrumento, realizava fotografias em cristalografia, desenvolvia conhecimentos nessa parte tecnológica. Ela era físico-química. No entanto, tudo que ela batalhou no laboratório, que certamente ficou horas trabalhando. Todos estes dados foram utilizados pelo Watson e Crick, e ela não recebeu nenhum reconhecimento por isso. Aqui a gente tem a fotografia do Linus Pauling, que foi um dos principais químico do século XX. Ele nasceu em 1901 e faleceu no ano de 1994. Então, ele viveu 93 anos, quase o século XX inteirinho. E a ideia, de construir modelos veio dele. Por que construir modelos? É uma representação da realidade. Não é a realidade em si, mas é uma representação, uma forma para enxergarmos as coisas abstratas a partir de um modelo, onde a gente consegue imaginar a molécula, nos ajuda a compreender as moléculas abstratas, sendo uma representação do real, que fique claro essa representação. E o Linus Pauling fazia essa representação dos modelos, em formatos de bolas e bastões, ele fazia essas representações como se fossem os encaixes do lego. Ele trouxe esse conhecimento da química, e dos estudos sobre a natureza da ligação química. Então, Linus Pauling tinha essa ideia de construir os modelos atômicos e Watson e Crick retiraram essa ideia dele, a ideia de decifrar a molécula do DNA a partir da representação por modelo atômico, com base no conhecimento químico de construção de moléculas de Linus Pauling. Surgiu ali a ideia, então todos os conhecimentos que eles tiveram, teve outros conhecimentos anteriores. Por exemplo, Miescher no final do século XIX, extraiu a nucleína pela primeira vez. O Miescher era biólogo, então os primeiros estudos com o DNA vieram da Biologia, só que a Biologia da época não entendeu a complexidade do DNA,

que, no entanto, nem era chamado de DNA ainda. Quando Miescher fez a extração do DNA, ela o chamou de "Nucleína", porque vocês sabem que o DNA fica dentro do núcleo da célula, né?! E ele fez essa extração pela primeira vez, porém a comunidade científica não deu muito valor para essa extração da nucleína. E, não se chamava DNA ainda, ainda não tinha sido consolidado esse nome "DNA". Em português, abreviamos como ADN, Ácido Desoxirribonucleico, é uma sigla. Na época eles não conheciam a estrutura, ainda não existia o nome "DNA", então não foi dado muito valor para aquele DNA. Eles tinham outros conhecimentos anteriores como por exemplo, a hereditariedade. Sabia-se que as características genéticas, você herdou dos seus pais, do seu pai e mãe. Eles já sabiam que são herdadas as características de pai para filho. Já tinha essa ideia de hereditariedade e a visão de herança já existia, já tinha sido construído esses conhecimentos. Charles Darwin no século XIX, quando escreveu a teoria da evolução das espécies, ele já tinha essa ideia de visão de herança, que se passa herança de pai para filho, no entanto eles não tinham formalizado ainda o nome "DNA", eles não sabiam o nome DNA, não sabiam a estrutura do DNA, não sabiam quem era essa molécula responsável pela herança, então, mas a visão de herança já existia esse conhecimento. O Mendel, que depois escreveu as leis de Mendel que vocês estudam lá da Biologia, já conhecia a hereditariedade por meio de fatores, que são por exemplo: a cor do olho, essas características específicas.

ALUNO D1: das ervilhas

Pesquisadora assistente: é a primeira lei é baseada nas ervilhas, ele sabia por exemplo, que a cor das ervilhas era herdada de gerações.

D1: ELE CONSEGUIU, a questão da herança ajudou ele em outras características como ervilhas mais rugosas ou ervilhas mais lisas.

Pesquisadora assistente: É então, ele já sabia alguns fatores que ajudavam na caracterização da hereditariedade, como nosso colega citou o exemplo das ervilhas rugosas e lisas, colorações diferentes. Existia o valor de herança destes fatores. Então, eles já sabiam sobre hereditariedade, já existiam alguns conhecimentos. É claro, eles não sabiam sobre o DNA, especificamente, porque o DNA foi sendo desenvolvido esse conhecimento no século XX, ao longo do século XX. No início do século até meados do século XX, que significa até 1950. A publicação de James Watson e Francis Crick aconteceu em 1953 na revista Nature, uma revista internacional superfamosa e qualificada. Após publicação, ocorreu um start para a ciência, começou ali a biologia molecular, a genética, os avanços da genética. Como por exemplo, hoje têm a possibilidade dos testes de paternidade, teste de DNA para comprovar crimes ou inocência, tem a questão da genética da ancestralidade, que hoje a gente pode saber pelo nosso DNA de quem a gente descende, por exemplo se os avós, bisavós, tetravós vieram de Portugal, ou se eram Árabes, dá pra saber se temos origem dos povos originários, ou se vieram da África, ou se existe uma mistura, porque geralmente nós brasileiros temos miscigenação, somos uma mistura de raças. Então dá para saber as porcentagens da nossa descendência. Esse conhecimento do DNA é muito recente, 100 anos atrás nós não tínhamos o conhecimento sobre isso. Então, o DNA foi sendo desenvolvido, levou muito tempo, os cientistas conheciam o núcleo do DNA, olhando pelo microscópio, mas eles não conheciam a estrutura do DNA, ainda não existia a formação do conhecimento em torno do DNA. Por volta de 1940, começa-se a considerar o DNA complexo o suficiente para carregar as informações herdáveis, as questões de hereditariedade começaram em 1940, mas ainda tinha cientistas que não acreditavam que a molécula do DNA era complexa. Foi o exemplo de Linus Pauling. O consagrado químico, acreditava que as moléculas mais complexas no organismo humano eram as proteínas. Ele não acreditava que poderia ser o DNA. Então ele ficou pesquisando a estrutura das proteínas e não se dedicou a pesquisar as estruturas do DNA. Enquanto, Watson percebeu a complexidade que poderia existir no DNA e foi atrás de decifrá-la. Então, esse aspecto foi um diferencial. O Linus Pauling permaneceu na Harmonia das Ilusões, porque ele ficou acreditando que a molécula mais complexa era as proteínas e ficou muito tempo para reconhecer que o DNA era mais complexo que as proteínas.

D2: professora, por que ele gostava tanto das proteínas?

Pesquisadora assistente: Porque o Estilo de Pensamento, é como se fosse assim: na comunidade científica onde ele pertencia, se acreditava que as proteínas eram as moléculas mais complexas. Porque ele mesmo, tinha construído modelos para as moléculas das proteínas. A proteína tinha uma característica de ter a Alfa-hélice, responsável pelas

espiralações que as proteínas fazem. As proteínas existem no nosso organismo e são existem no nosso cabelo, unha. A gente encontra no nosso organismo as proteínas. Inclusive na clara do ovo, tem proteína ali. Então, a partir disso, Linus Pauling fez o desenvolvimento do conhecimento em torno das proteínas. Já tinha feito toda a construção de modelo da alfa-hélice das proteínas e aí, ele acreditava com fé e veemente que eram as proteínas mais complexas e elas que iriam carregar a herança, os genes hereditários. A hereditariedade seria por meio destas proteínas. Ele acreditava que as proteínas estavam dentro do DNA, e que essas proteínas seriam responsáveis por herdar, pela herança hereditária.

D2: Ele tinha motivo para achar isso? (das proteínas eram as moléculas a ser pesquisada)

Pesquisadora assistente: Isso, sim.

Pesquisadora assistente: Ele tinha motivo e a comunidade científica acreditava nisso. E como ele era um cientista mais experiente, estava mais tempo na lida da alfa-hélice, ele ficou estudando esse conteúdo por mais tempo, e tudo que era nucleico, ele chamava de nucleoproteína, ele trocava o nome, porque ele acreditava que no núcleo da célula era a molécula de proteína que estava lá e não o DNA.

D1: então, o fato dele achar que a proteína é a base do DNA... é interessante pensar que não necessariamente é algo ruim já ele teve um tempo bem mais aprofundado na proteína, então ele fez algo bom para a proteína em si.

Pesquisadora assistente: Ele participou da construção do conhecimento do DNA também, porque ele errou, mas os erros fazem parte da ciência. Porque ele acreditou, como você disse a palavra "base", achei tudo de bom essa palavra. Ele acreditou que a proteína era base para transmissão da hereditariedade e isso era o que eles acreditavam na época dele e ele fez a história também. Ele também participou da construção do DNA, porque ele acreditando que existia a complexidade de uma molécula, podendo ser construído um modelo ali a gente poderia saber mais sobre a hereditariedade. Só que ele achou que eram as proteínas as mais complexas, a alfa-hélice, e não o DNA. Já estava circulando o pensamento do DNA ser uma molécula complexa, porém Linus Pauling não acreditou que o DNA poderia ser tão complexo. O DNA tinha só 4 moléculas, a Adenina, Guanina, Timina e Citosina, só havia 4 bases. E as proteínas tinham bem mais moléculas, só que essas 4 bases tinham a capacidade de se juntar, se ligar uma na outra e formas toda essa complexidade da dupla fita, dupla hélice, com apenas 4 bases. E eles não sabiam que as 4 bases poderiam formar a estrutura que poderia formar dentro dessas hélices, dessas duas fitas, elas são giram em torno do eixo.

D1: É interessante pensar que ele não estava 100% errado, não foi uma certa ignorância dele.

Pesquisadora assistente: Não, não foi ignorância. A gente não pode olhar para a História da Ciência e pensar que as pessoas de outro tempo eram ignorantes, ou que elas não pensaram direito, não estudaram direito aos olhos de hoje. Naquela época não se conhecia o DNA, não sabiam dessa estrutura da dupla hélice, não havia essa ideia. E ele sabia a complexidade da proteína, que era até então a molécula mais complexa conhecida. Então, o inteligente era pensar que a alfa-hélice era mais complexa, era o que a comunidade científica no geral pensava. Era o que Fleck vai dizer de Estilo de Pensamento. Eles tinham aquela informação que essa molécula até então, era a mais complexa. Na época do Linus Pauling, o certo era pensar que moléculas da alfa-hélice, a base da hereditariedade eram as proteínas, e eles estavam construindo a ciência.

Aí o Watson teve essa, o Watson ele era esse daqui, e ele era jovem. As pessoas jovens gente, são mais ousadas em alguns aspectos. No aspecto assim, no ímpeto de pensar coisas novas. De trazer mudanças, as pessoas mais jovens têm essa característica, de aceitar mudanças mais rápido do que as pessoas que estão ali com uma teoria mais enraizada, há mais tempo, possui dificuldade de enxergar coisa nova. E aí, Fleck até vai explicar, a gente vai entender pela epistemologia de Fleck, que o Linus Pauling estava na harmonia das Ilusões, estava vivendo uma Harmonia das Ilusões porque para ele, aquilo ali era o correto, o exato. Então, ele estava vivendo a Harmonia das Ilusões. Enquanto, o Watson percebeu que o DNA poderia ser complexo, por causa da rede que ele participou. Então ele teve uma circulação de pensamento, que passou por vários outros cientistas, ele pertencia a uma rede muito forte. Ele era americano e foi estudar na Inglaterra, realizava Ph.D., Ph.D. é

doutorado né, ele foi para a Inglaterra, e lá, ele participou dos laboratórios mais famosos e teve contato, uma rede, de cientistas mais famosos, e ele teve o apoio, teve um colega, o Crick. Watson era biólogo e não era muito bom em química, mas ele fez amizade com Francis Crick, que era físico e compreendia a química. Ele tinha um companheiro de estudo, o Francis Crick que era bom, que era da física e entendia um pouquinho mais da química. Os físicos são metidos em entender mais da química também. Ele tinha mais contato com a química. O Watson foi estudar os livros do Linus Pauling e precisou da ajuda do Crick para interpretar e conseguir fazer, montar o modelo. E o Crick, realmente, foi o personagem que montou as ligações, por exemplo a adenina liga na timina, numa ligação dupla, e a citosina liga com a guanina numa ligação tripla. Foi o Crick que teve esse start aqui. E existia um ângulo certo, uma junção certa, e ele que teve um click que solucionou. E daí da fita, da dupla hélice, ele teve a ideia que uma molécula complementava a outra na fita, se tinha adenina, do outro lado vai ter timina, se aqui é timina aqui é adenina, se é citosina do outro lado vai ser guanina. É complementar um do lado da outra, então foi o Crick que teve essa ideia lógica, e eles ficaram superfeliz ao publicar e eles passaram por cima dos outros, literalmente assim. O James Watson tem, até se vocês sentirem interesse, eu posso trazer na aula para vocês verem, o livro do Watson que ele escreveu uma autobiografia, ele é vivo ainda o Watson, ele ainda é vivo, está velhinho, mas ainda é vivo. Esse é um personagem ainda vivo na história. Ele escreveu um livro que se intitulou assim: Como descobri o DNA. Nesse livro ele conta tudo dos bastidores, quando ele conheceu o Crick, os perrengues que o Crick passava ele conta também, e aí ele vai contar da Rosalind Franklin numa visão bem machista da Rosalind Franklin, dá para perceber que ele é bem machista. Eu vou trazer para vocês, mas o livro que eu tenho está em formato digital, mas eu posso trazer para vocês verem. Ele diz assim: que é pra ler o livro dele com o coração perdoável.

D3: perdoável?

Pesquisadora assistente: Tipo assim, para não julgar, tem que ler com o coração perdoável. Você têm gente, o coração perdoável?

D1: ah, eu tenho.

Pesquisadora assistente: Bom, a gente vai passar um vídeo para entender todo o contexto, mas o vídeo vai contar todo panorama. Algumas coisas escrevi no quadro, por exemplo: na ciência existe esse capital científico, que vai depender do local onde você está, se inserido numa rede, quais laboratórios, financiamentos recebe, investimento, quais contatos você tem. Ali na história do DNA, a gente vai ver que teve uma disputa, concorrência. Teve também as questões éticas, desigualdade de gênero, teve uma questão de forças. Algumas pessoas ficaram para traz, justamente a Rosalind Franklin por ser mulher, e por ter essa desigualdade de gênero, ela ficou para traz nessa história não recebendo reconhecimento acadêmico. Enquanto o Francis Crick e o James Watson, ganharam prêmio Nobel pela publicação deles. Contudo, nessa história teve também o Linus Pauling pela contribuição dele com os modelos atômicos. Ele contribuiu com a base para construção de modelos (montar modelos) na química. Mas quem teve reconhecimento mesmo foi a dupla, que ficaram famosos e tiveram o reconhecimento acadêmico. E nessa construção, a gente vê que é social porque teve a participação de vários cientistas, que ajudaram a contribuir para a formação do conhecimento.

D1: Isso foi algo que ajuda na química, mas se a gente pensar que eles não eram químicos, o Watson era biólogo, e o Crick era físico e teve desenvolvimento para a química.

Pesquisadora assistente: um conhecimento químico, que virou bioquímico, teve o desenvolvimento de toda uma ciência. A biologia molecular até então não existia. Uma biologia pensada nas moléculas, uma interface pensada com a química. E aí teve o nascimento da biologia molecular, por exemplo.

D1: É engraçado pensar que hoje em dia tem toda essa distinção, sabe!

Pesquisadora assistente: fragmentado né?!

D1: isso aqui é química, isso é biologia, isso é física.

Pesquisadora assistente: A ciência está interligada.

D1: Sendo que eles não pensavam, normalmente a gente tem essa visão. Mesmo eles não sendo da química, um sendo da biologia e outro da física, tá ligado? E eles conseguiram criar um pensamento que voltou pra química em si.

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Episódios históricos como estratégia didática: um estudo sobre a Natureza da Ciência fleckiana no Ensino de Química

Pesquisadora responsável: Profa. Dra. Joanez Aparecida Aires

Pesquisadora assistente: Profa. Me. Isis Lidiane Norato de Souza

Local da Pesquisa: Colégio Estadual ***** * *****

Endereço: Rua ***** * ***** *, nº X – Cidade Industrial de Curitiba (CIC)

Você está sendo convidado/a a participar de uma pesquisa. Este documento, chamado “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” visa assegurar seus direitos como participante da pesquisa. Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para tirar suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou depois de assiná-lo, você poderá buscar orientação junto a equipe de pesquisadores. Você é livre para decidir participar e pode desistir a qualquer momento, sem que isto lhe traga prejuízo algum.

A pesquisa intitulada Episódios Históricos como estratégia didática: um estudo sobre a Natureza da Ciência fleckiana no Ensino de Química, tem como objetivo analisar se e como o estudo de episódios históricos com base na epistemologia fleckiana pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio reflitam sobre a Natureza da Ciência no Ensino de Química.

Participando do estudo você está sendo convidado/a a: responder questionários com duração de aproximadamente 50 minutos, realizar entrevistas em áudio de aproximadamente 15 minutos, produzir materiais educacionais durante os episódios históricos nas aulas de 50 minutos, gravação das aulas de 50 minutos e registros em diários de campo da professora-pesquisadora. A pesquisa ocorrerá no formato presencial durante as aulas regulares de Química no Ensino Médio, portanto não será necessário qualquer deslocamento adicional para ambientes fora da escola. As atividades serão realizadas até o mês de dezembro de 2023.

Desconfortos e riscos:

- i) Desconfortos e riscos: Riscos físicos, psíquicos, morais, intelectuais, sociais e culturais: durante a realização dos questionários, desenvolvimento dos materiais decorrentes dos episódios históricos, diário de bordo, entrevistas e gravações das aulas, pode ocorrer algum desconforto como constrangimento, ou o aluno se sentir exposto. É importante que a professora-pesquisadora garanta um ambiente seguro e confortável para a participação dos alunos e alunas, levando em consideração o seu bem-estar físico, psíquico, moral, intelectual, social e cultural. O participante da pesquisa será informado que poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem

- qualquer prejuízo e seus dados não serão utilizados para a pesquisa. É assegurado o sigilo de informações dos(as) participantes.
- ii) Providências e cautelas: Medidas de privacidade e confidencialidade, sendo que a constituição de dados por meio dos questionários, materiais desenvolvidos dos episódios históricos, entrevistas e gravações da aula, requer o levantamento de informações pessoais que podem ser sensíveis. É fundamento obter o consentimento informado dos alunos e garantir a confidencialidade dessas informações, protegendo a privacidade dos participantes da pesquisa.
 - iii) Forma de assistência e acompanhamento: Ao participar da pesquisa o/a estudante pode sentir algum desconforto como constrangimento, ou se sentir exposto. Caso alguma situação destas aconteça, o/a estudante será instruído que poderá contactar pessoalmente as professoras-pesquisadoras para que possamos minimizar possíveis situações adversas, pois é nosso dever ético garantir um ambiente seguro e confortável para a participação dos/as alunos/as, levando em consideração o seu bem-estar físico, psíquico, moral, intelectual, social e cultural.
 - iv) Benefícios: aprender por meio dos episódios históricos, o processo gradativo e lento da construção da ciência, perceber a aceitação ou não de uma proposta científica depende não apenas do seu valor intrínseco, mas sim de outros valores como os sociais, econômicos, filosóficos, políticos e religiosos. Compreender sobre o caráter provisório dos conhecimentos científicos, sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como melhorar a aprendizagem de conceitos, hipóteses, teorias, modelos e leis. Outros benefícios possíveis são: estimular o interesse do/a estudante pela ciência e sua natureza e caracterizar a ciência como parte integrante da cultura. Promoção da Alfabetização científica e Tecnológica.

Observação: Segundo a Resolução 466/12 do CNS e 510, **toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e graduações variados**. Quanto maiores e mais evidentes os riscos, maiores devem ser os cuidados para minimizá-los e a proteção oferecida pelo Sistema CEP/CONEP aos participantes. Devem ser consideradas as possibilidades de danos imediatos ou posteriores, no plano individual ou coletivo. Ainda que os riscos sejam mínimos, o TCLE deve conter os encaminhamentos dados pelo/a pesquisador/a, caso se produza no sujeito algum incômodo ou situação adversa durante a realização da pesquisa. Caso as providências indicadas pelos pesquisadores ou pesquisadoras envolvam atendimento de terceiros, é necessário apresentar ‘Carta de Atendimento’, garantindo que o serviço será oferecido ao participante de forma gratuita e imediata.

Os dados obtidos para este estudo serão utilizados unicamente para essa pesquisa e armazenados pelo período de cinco anos após o término da pesquisa, sob responsabilidade do (s) pesquisador (es) responsável (is) (Resol. 466/2012 e 510/2016).

Forma de armazenamento dos dados: informar como os dados serão armazenados, em arquivo, físico ou digital.

Sigilo e privacidade: Você tem garantia de manutenção do sigilo e da sua privacidade durante todas as fases da pesquisa, exceto quando houver sua manifestação explícita em sentido contrário. Ou seja, seu nome nunca será citado, a não ser que você manifeste que abre mão do direito ao sigilo.

Permito a gravação de imagem, som de voz e/ou depoimentos unicamente para esta pesquisa e tenho ciência que a guarda dos dados são de responsabilidade do(s) pesquisador(es), que se compromete(m) em garantir o sigilo e privacidade dos dados.

Não permito a gravação de imagem, som de voz e/ou depoimentos para esta pesquisa.

Ressarcimento e Indenização: A pesquisa será realizada durante a rotina do/a estudante durante o horário de estudo. Diante de eventual despesa, você será resarcido pelo(s) pesquisador(es). Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Resultados da pesquisa: Você terá garantia de acesso aos resultados da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa, o acesso e divulgação dos resultados ocorrerá na forma de publicação da tese, mas será garantido aos participantes da pesquisa e ao Colégio Estadual Brasílio Vicente de Castro, relatórios parciais a serem divulgados em murais físicos no colégio ou em formato de comunicação oral.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com as pesquisadoras: Pesquisadora responsáveis: Profa. Dra. Joanez Aparecida Aires e Prof. Me. Isis Lidiane Norato de Souza;

Endereço: Rua Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 100 – Centro Politécnico – Edifício da Administração – 4º andar – Curitiba, Paraná, Brasil.

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECM), Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Telefone: (41) 99243-6063 – Joanez Aparecida Aires; (41) 995829986 – Isis Lidiane Norato de Souza

E-mail: joanez.ufpr@gmail.com; e isislidianenorato@gmail.com

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais do Setor de Ciências Humanas (CEP/CHS) da Universidade Federal do Paraná, rua General Carneiro, 460 – Edifício D. Pedro I – 11º andar, sala 1121, Curitiba – Paraná, Telefone: (41) 3360 – 5094 ou pelo e-mail cep_chs@ufpr.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Você tem o direito de acessar este documento sempre que precisar para garantir seu direito de acesso ao TCLE, este documento é elaborado em duas vias, assinadas e rubricadas pelo/a pesquisador/a e pelo/a participante/responsável legal, sendo que uma via deverá ficar com você e outra com o/a pesquisador/a.

Quando o TCLE for obtido por meio digital, não deve haver menção a duas vias, mas deve ser esclarecida a forma por meio da qual os participantes terão acesso ao TCLE, garantindo o seu direito ao livre acesso ao TCLE.

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UFPR sob o número CAAE n ° 70917523.6.0000.0214 e aprovada com o Parecer número 071817/2023 emitido em data – 17 de setembro de 2023.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter lido este documento com informações sobre a pesquisa e não tendo dúvidas, informo que aceito participar.

Nome do/a participante da pesquisa:

(Assinatura do/a participante da pesquisa ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____ / ____ / ____.