

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Susete Francieli Ribeiro Machado

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E AS REDES DE CONHECIMENTO:  
EXPLORANDO CONVERGÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS NA DIDÁTICA DAS  
CIÊNCIAS**

Porto Alegre  
2023

Susete Francieli Ribeiro Machado

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E AS REDES DE CONHECIMENTO:  
EXPLORANDO CONVERGÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS NA DIDÁTICA DAS  
CIÊNCIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde do Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio Del Pino

Coorientadora: Profa. Dra. Michelle Camara Pizzato

Porto Alegre

2023

## CIP - Catalogação na Publicação

Machado, Susete Francieli Ribeiro  
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E AS REDES DE  
CONHECIMENTO: EXPLORANDO CONVERGÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS  
NA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS / Susete Francieli Ribeiro  
Machado. -- 2023.  
242 f.  
Orientador: José Claudio Del Pino.

Coorientadora: Michelle Camara Pizzato.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde,  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:  
Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Convergência epistemológica. 2. Gaston  
Bachelard. 3. Imre Lakatos. 4. História da ciência. 5.  
Redes de Conhecimento. I. Del Pino, José Claudio,  
orient. II. Pizzato, Michelle Camara, coorient. III.  
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Susete Francieli Ribeiro Machado

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E AS REDES DE CONHECIMENTO:  
EXPLORANDO CONVERGÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS NA DIDÁTICA DAS  
CIÊNCIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde do Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio Del Pino

Coorientadora: Profa. Dra. Michelle Camara Pizzato

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. José Claudio Del Pino

UFRGS – Porto Alegre/RS

Orientador

---

Profa. Dra. Michelle Camara Pizzato

UFRGS – Porto Alegre/RS

Coorientadora

---

Prof. Dr. Marco Antonio Moreira

UFRGS – Porto Alegre/RS

---

Profa. Dra. Tania Denise Miskinis Salgado

UFRGS – Porto Alegre/RS

---

Profa. Dra. Mara Elisângela Jappe Goi

UNIPAMPA – Caçapava do Sul/RS

---

Prof. Dr. Fernando Becker

UFRGS – Porto Alegre/RS

## Dedicatória

*In memoriam de Ivone Machado Zottis: a responsável pelas minhas lembranças mais afetivas.*

## Agradecimentos

Este longo período de estudos em nível de doutorado foi permeado por muitos sentimentos, emoções e razões distintas. Chegar até este contexto final de defesa da minha pesquisa não foi um processo individual, mas, sim, fruto de muitas parceiras, orientações e diversos tipos de ensinamentos que com toda a certeza levarei em minha essência.

Aos meus orientadores, só me cabe agradecer por toda a parceria, liberdade para poder pensar, criar e desenvolver as minhas (e as nossas) ideias e discussões. Tive a sorte e a honra de ter dois grandes professores orientadores como meus queridos “mestres” neste período de estudos em nível de pós-graduação, professores Michelle Camara Pizzato e José Claudio Del Pino, meu muito obrigada por toda a paciência, acolhimento e suporte racional e emocional, além de é claro, o olhar cuidadoso e experiente de vocês nas questões envolvendo a pesquisa.

À minha família, que representa a minha base e os meus principais laços, eu tenho imensa gratidão por todo o apoio e o acolhimento neste período de estudos; o meu muito obrigada, meus irmãos Joice, Plauto, Jailson e minha tia Noeci.

Ao professor André Luís Silva da Silva, minha eterna gratidão por ter sido o meu professor conselheiro na reta final da graduação e que me ajudou a delinear os passos iniciais para os estudos em nível de pós-graduação.

À Aline e Lúcia por toda parceria, orientações e a nossa amizade, que teve início nas aulas de História e Filosofia da Ciência do nosso Programa da Pós-Graduação, em 2016, e que hoje eu só tenho a agradecer de coração.

Aos professores Marco Antonio Moreira, Tania Denise Miskinis Salgado, Mara Elisângela Jappe Goi e Fernando Becker, agradeço por terem aceitado participar da minha banca de defesa do doutorado e pelas importantes contribuições, neste momento final, da minha pesquisa.

Aos meus amigos Willan, Samara, Jackeline, Letícia e Sthefanny, agradeço por terem aguentado os meus desabafos neste período e por toda parceria e amizade de sempre.

À Casa Estudantil Universitária de Porto Alegre (CEUPA), agradeço por ter me possibilitado residir em Porto Alegre, tendo acesso a uma moradia estudantil de baixo custo, e também aos amigos que a CEUPA me possibilitou conhecer e fortalecer laços neste período de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pela concessão da bolsa de doutorado, qual foi crucial para que eu conseguisse desenvolver a minha pesquisa, e também o meu muito obrigada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências por toda a assistência e o suporte neste longo período de estudos.

Agradeço aos meus professores de graduação que “plantaram a sementinha” de tais possibilidades acadêmicas e também contribuíram com o meu processo de formação inicial. Um singelo agradecimento (*in memoriam*) a professora Daniela de Rosso Tolfó que me foi um importante exemplo - e que buscarei seguir - sobre o lado humano de um verdadeiro professor.

Por fim, agradeço a todos aqueles que me ajudaram a persistir neste percurso, o meu muito obrigada!

*É isso que as ideias têm de bonito: por vezes elas geram indícios que, séculos mais tarde, nos ajudam a compreender os mistérios de suas próprias origens. A montanha nos ergue alto o bastante para que possamos finalmente ver as massas de terra que, afinal, a criaram (JOHNSON, 2009, p. 53).*

## RESUMO

Esta tese de Doutorado teve como principal objetivo investigar e aprofundar a relação envolvendo a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos no que tange à História da Ciência e o conceito *Redes de Conhecimento* no contexto da Didática das Ciências. Quanto aos delineamentos metodológicos gerais desta pesquisa, tem-se uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada e com a finalidade exploratória. De maneira geral, esta pesquisa foi dividida em dois principais grandes momentos: momento teórico e o momento teórico-empírico desta investigação. O primeiro momento consistiu em duas etapas, sendo que a primeira etapa se baseou no desenvolvimento do estado da arte envolvendo a História e Epistemologia da Ciência relacionada no contexto da Didática das Ciências. Como também, objetivou-se realizar aproximações teóricas entre a convergência epistemológica e a Didática das Ciências, com ênfase à explicitação e avaliação das ideias dos alunos, conteúdos científicos e metodologia de ensino. Quanto à segunda etapa deste primeiro momento da pesquisa, explorou-se a investigação concernente às associações entre os aspectos da referida convergência epistemológica com os episódios em Ciências e com o conceito *Redes de Conhecimento*, com vistas à elaboração de estratégias didáticas para a formação de professores de ciências. Em relação ao segundo momento teórico-empírico desta pesquisa, buscou-se verificar a utilidade didática das estratégias elaboradas nesta investigação no primeiro momento (ênfase exclusivamente teórico) em duas disciplinas de graduação. Mais especificamente, foi realizado um conjunto de intervenções didáticas em duas disciplinas dos cursos de graduação de duas instituições federais de ensino superior. Em relação à pergunta principal desta investigação, pode-se explorá-la e respondê-la ao longo desta tese. Compreendeu-se que a relação entre a convergência epistemológica e o conceito *Redes de Conhecimento* pode ser relevante no sentido de possibilitar duas lentes teóricas diferentes e complementares nas discussões envolvendo características da natureza científica contemporânea em narrativas da HC, através de análises de episódios científicos. Verificou-se que a convergência epistemológica denotou diferentes possibilidades em seus contextos de discussão, no sentido de ser útil para análise de episódios e também como referência para análise de proposta didática. Pode-se perceber que, no geral, os estudantes conseguiram discutir e utilizar a convergência tanto na perspectiva de análise de episódios, como também na de proposta didática. Os estudantes demonstraram dificuldades inerentes às especificidades de cada estratégia didática trabalhada, sendo que as dificuldades e limitações foram distintas em cada estratégia abordada quanto às quatro *naturezas* da convergência. Por fim, defende-se a relevância em se fomentar novos estudos e discussões a respeito do conhecimento pedagógico do conteúdo em relação às diferentes formas didáticas de se abordar tais conteúdos histórico-filosóficos no contexto formativo de professores de ciências.

**Palavras-chave:** convergência epistemológica; Gaston Bachelard; Imre Lakatos; História da Ciência; *Redes de Conhecimento*; Didática das Ciências.

## ABSTRACT

This PhD thesis aimed to investigate and delve into the epistemological convergence between Gaston Bachelard and Imre Lakatos concerning the History of Science and the concept of *Knowledge Networks* in the context of Science Didactics. As for the general methodological outlines of this research, a qualitative approach is employed, applied in nature and with an exploratory purpose. Overall, this research was divided into two main phases: the theoretical phase and the theoretical-empirical phase of this investigation. The first phase consisted of two stages, with the first stage focusing on the development of the state of the art related to the History and Epistemology of Science in the context of Science Didactics. Additionally, the objective was to establish theoretical connections between epistemological convergence and Science Didactics, with an emphasis on the explicitation and evaluation of students' ideas, scientific content, and teaching methodology. Regarding the second stage of this initial phase of the research, the investigation focused on exploring the associations between the aspects of the aforementioned epistemological convergence with scientific episodes and the concept of *Knowledge Networks*, aiming to develop didactic strategies for science teacher education. As for the second theoretical-empirical phase of this research, the objective was to verify the didactic utility of the strategies developed in the first phase of the research (which was exclusively theoretical in nature) in two undergraduate courses. Specifically, a set of didactic interventions was carried out in two courses of undergraduate programs at two federal higher education institutions. Regarding the main question of this investigation, it can be explored and answered throughout this thesis. It was understood that the association between epistemological convergence and the concept of *Knowledge Networks* can be relevant in enabling two different and complementary theoretical lenses in discussions involving characteristics of contemporary scientific nature in narratives of the History of Science, through analyses of scientific episodes. It was found that epistemological convergence presented different possibilities in its contexts of discussion, being useful for episode analysis and as a reference for the analysis of didactic proposals. It can be observed that, overall, the students were able to discuss and utilize the convergence both from the perspective of episode analysis and didactic proposal. The students demonstrated inherent difficulties regarding the specificities of each didactic strategy employed, with the difficulties and limitations being distinct for each strategy regarding the four *natures* of convergence. Finally, it is advocated for the importance of fostering further studies and discussions regarding pedagogical content knowledge concerning different didactic approaches to address such historical-philosophical content in the context of science teacher education.

**Keywords:** epistemological convergence; Gaston Bachelard; Imre Lakatos; History of Science; *Knowledge Networks*; Science Didactics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema conceitual que apresenta a ideia de tese desta pesquisa de doutorado.....	24
Figura 2 - Síntese dos principais pontos elencados na categoria importância da HFC na DdC...	35
Figura 3 - Pontos gerais da categoria metodologias de ensino.....	40
Figura 4 - Relações da <i>natureza</i> da convergência <i>dinâmica e evolutiva</i> no contexto didático.....	56
Figura 5 - Relações da <i>natureza</i> da convergência <i>normatividade</i> no contexto didático.....	57
Figura 6 - Relações da <i>natureza</i> da convergência <i>razão objetiva</i> no contexto didático.....	58
Figura 7- Relações da <i>natureza</i> da convergência <i>dialética</i> no contexto didático.....	59
Figura 8 - Esquema conceitual ilustrando sucintamente possibilidades da aplicação da convergência epistemológica na DdC.....	67
Figura 9 - Esquema-síntese dos critérios de análise.....	75
Figura 10 - Mapa cronológico das teorias de ácido-base. Mapa cronológico do progresso das definições ácido-base nos últimos séculos.....	93
Figura 11 - Síntese da estrutura teórico-metodológica das <i>Redes de Conhecimento</i> .....	95
Figura 12 - Origem da estratégia didática de análise <i>Redes de Conhecimento</i> .....	95
Figura 13 - Esquema conceitual que apresenta o enfoque das ligações cruzadas nas <i>Redes de Conhecimento</i> .....	99
Figura 14 - Esquema conceitual ilustrando os principais enfoques de análise das <i>Redes de conhecimento</i> .....	100
Figura 15 - Esquema conceitual que apresenta uma síntese das utilidades didáticas da estratégia <i>Redes de conhecimento</i> .....	103
Figura 16 - Síntese das etapas construtivas da <i>Rede de Conhecimento</i> .....	105
Figura 17 - <i>Rede de Conhecimento</i> do episódio <i>A história da eletricidade – a faísca</i> .....	105
Figura 18 - Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de rede social.....	106
Figura 19 - Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de rede teórico-empírica.....	; 106

Figura 20 - Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas.....	107
Figura 21 - Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo da legenda cronológica associada às redes sociais.....	108
Figura 22 - Síntese dos principais aspectos metodológicos gerais da pesquisa.....	122
Figura 23 - Esquema conceitual resumindo os principais pontos do segundo momento da pesquisa (considerando os objetivos específicos delimitados).....	124
Figura 24 - <i>Rede de conhecimento</i> da estudante Herschel.....	154
Figura 25 - <i>Rede de conhecimento</i> do estudante Heisenberg.....	156
Figura 26 - <i>Rede de conhecimento</i> da estudante Meitner.....	161
Figura 27 - <i>Rede de conhecimento</i> do estudante Turing. ....	162
Figura 28 - <i>Rede de conhecimento</i> da estudante Emílie para exemplificar a dificuldade de síntese no processo de análise. ....	164
Figura 29 - <i>Rede de Conhecimento</i> do estudante Byron para exemplificar a dificuldade de síntese no processo de análise. ....	164
Figura 30 - <i>Rede de conhecimento</i> da estudante Marie. ....	166
Figura 31 – Recorte da demarcação cronológica da estudante Payne. ....	171
Figura 32 - Recorte da demarcação cronológica do estudante Heisenberg.....	172
Figura 33 - Recorte da legenda cronológica da estudante Meitner.....	172
Figura 34 – Recorte da legenda cronológica do estudante Niels.....	173
Figura 35 – Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> construída pela estudante Herschel para exemplificar as relações entre aspectos teóricos e empíricos.....	197
Figura 36 - Recorte da <i>Rede de Conhecimento</i> construída pelo estudante Heisenberg para exemplificar as relações entre aspectos teóricos e empíricos.....	197

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais enfoques de cada artigo de acordo com as categorias elencadas.....	30
Quadro 2 - Relação de autores referenciados pelos artigos quanto a Filosofia da Ciência.....	45
Quadro 3 - Síntese envolvendo os motivos para definição de conteúdos científicos escolares/fontes de referência.....	61
Quadro 4 - Síntese envolvendo os objetivos de avaliação das ideias dos alunos.....	63
Quadro 5 - Critérios para elaboração da metodologia de ensino.....	64
Quadro 6 - Breve exposição envolvendo a estrutura didática da convergência epistemológica.....	65
Quadro 7 - Roteiro de análise de Episódios em Ciência.....	77
Quadro 8 - Trechos selecionados quanto à <i>natureza dinâmica e evolutiva</i> .....	78
Quadro 9 - Trechos selecionados quanto à <i>natureza dialética</i> .....	81
Quadro 10 - Trechos selecionados quanto à <i>natureza razão objetiva</i> .....	84
Quadro 11 - Trechos selecionados quanto à <i>natureza normatividade</i> .....	86
Quadro 12 - Construção dos componentes da <i>Rede de Conhecimento</i> .....	108
Quadro 13 - Explicitação das relações sociais e teórico-empíricas da <i>Rede de Conhecimento</i> .....	109
Quadro 14 - Roteiro de análise de proposta didática.....	119
Quadro 15 - Nomes genéricos dos participantes da pesquisa.....	126
Quadro 16 - Síntese da intervenção ocorrida na instituição A.....	128
Quadro 17 - Síntese da intervenção ocorrida na instituição B.....	132
Quadro 18 - Apresentação dos instrumentos de coleta de dados utilizados nesta pesquisa.....	134
Quadro 19 - Classificação dos tipos de erros identificados na análise das respostas dos alunos.....	136
Quadro 20 - Classificação das associações erradas na análise das respostas dos alunos.....	139

Quadro 21 - Análise das respostas dos estudantes referentes à atividade de análise de episódio.....	142
Quadro 22 - Quantidade de respostas por classificação de erro.....	151
Quadro 23 – Análise dos componentes da <i>Rede de Conhecimento</i> construída da estudante Herschel.....	155
Quadro 24 – Análise dos componentes da <i>Rede de Conhecimento</i> do estudante Heisenberg.....	157
Quadro 25 – Respostas dos estudantes referentes à análise da proposta didática abordada.....	183
Quadro 26 – Síntese da análise das respostas do estudante Byron.....	184
Quadro 27 – Síntese da análise das respostas da estudante Payne.....	185
Quadro 28 – Síntese da análise das respostas do estudante Heisenberg.....	186
Quadro 29 – Síntese da análise das respostas da estudante Herschel.....	186
Quadro 30 – Síntese da análise das respostas da estudante Bouman.....	187
Quadro 31 – Síntese da análise das respostas do estudante Neils.....	188
Quadro 32 – Síntese da análise das respostas da estudante Meitner.....	189

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ATD** Análise Textual Discursiva

**DdC** Didática das Ciências

**DC** Disciplina-cultura

**ERIC** Education Resources Information Center

**FDC** Filosofia e Didática das Ciências

**HC** História da Ciência

**HEC** História e Epistemologia da Ciência

**HFC** História e Filosofia da Ciência

**IHMC** Institute for Human & Machine Cognition

**Latindex** Sistema Regional de Información en Línea para  
Revista Científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal

**ME** Metodologia de Ensino

**NdC** Natureza da Ciência

**PCK** Pedagogical Content Knowledge

**Scielo** Scientific Electronic Library Online

**TCLE** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1 Hipóteses da pesquisa .....	22
1.2 Premissa.....	22
1.3 Problema de investigação.....	22
1.4 Objetivos.....	23
1.4.1 Objetivo geral.....	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
1.5 Exposição da ideia de tese desta pesquisa .....	24
<b>2 MOMENTO TEÓRICO DA PESQUISA</b> .....	27
2.1 Referencial Teórico.....	27
2.1.1 Como se encontram os estudos da Didática das Ciências relacionados à História e Filosofia da Ciência na literatura contemporânea?.....	27
2.1.2 Explorando a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos no contexto da Didática das Ciências.....	51
2.2 As Estratégias Didáticas da Pesquisa.....	69
2.2.1 Análise epistemológica de episódios científicos: estrutura fundamentada nas convergências entre argumentos de Bachelard e Lakatos.....	69
2.2.2 <i>Redes de conhecimento</i> como lentes cognitivas para análise de episódios científico.....	90
2.2.3 Apresentação de uma estratégia analítica de proposta didática fundamentada em argumentos convergentes de Bachelard e Lakatos.....	110
<b>3 DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b> .....	121
3.1 Estrutura metodológica geral da pesquisa.....	121
3.2 Contexto e descrição (relato) das duas aplicações .....	124
3.3 Metodologia de análise da <i>Estratégia Discursiva de episódios</i> .....	135
3.4 Metodologia de análise da <i>Estratégia de Episódios Redes de conhecimento</i> (e quanto à relação com as lentes da convergência epistemológica).....	137
3.5 Metodologia de análise da <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i> .....	138
<b>4 MOMENTO TEÓRICO-EMPÍRICO DA PESQUISA</b> .....	141
4.1 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da <i>Estratégia Discursiva de Episódios</i> .....	141
4.2 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da <i>Estratégia Redes de Conhecimento</i> ...152	

4.3 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i> .....	183
4.4 Relacionando o Todo da Pesquisa: Conexões e Reflexões.....	190
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA</b> .....	201
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	204
<b>APÊNDICES</b> .....	216
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	216
APÊNDICE B - Questionário de concepções sobre a Natureza da Ciência.....	218
APÊNDICE C – Questionário de análise de episódio.....	219
APÊNDICE D – Questionário autoavaliativo completo das redes de conhecimento construídas (aplicado na instituição A).....	222
APÊNDICE E - Questionário autoavaliativo (primeira parte) das redes de conhecimento construídas (aplicado na instituição B).....	223
APÊNDICE F – Questionário autoavaliativo (segunda parte) das redes de conhecimento construídas (aplicado na instituição B).....	223
APÊNDICE G – Gabarito da atividade de análise de proposta didática.....	224
APÊNDICE H – Relação quantidade de associações do critério de análise no gabarito de acordo com o enfoque abordado.....	225
APÊNDICE I - Questionário reflexivo A (aplicado na instituição A).....	225
APÊNDICE J - Questionário reflexivo B (aplicado na instituição B).....	226
APÊNDICE K – Material de apoio referente à <i>Estratégia Discursiva de Episódios</i> .....	226
APÊNDICE L – Material de apoio referente à <i>Estratégia Redes de Conhecimento</i> .....	231
APÊNDICE M – Material de apoio referente à <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i> ..	238

## 1 INTRODUÇÃO

A formação inicial de professores de ciências vem sendo debatida por muitos trabalhos na literatura especializada quanto à necessidade de se explorar a ênfase de conteúdos metacientíficos nos processos formativos de tais docentes (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; MARTINS, 2007; MATTHEWS, 2014; HENKE; HÖTTECKE, 2015; SILVA; MARTINS, 2019; BOARO; MASSONI, 2018). Como discute Martins (2015) sobre a relevância (e o significado) de conteúdos metacientíficos no ensino de ciências.

Não é de hoje que a comunidade de educadores em ciência reconhece a importância do saber sobre a ciência para o ensino de ciências. Esse tema tem uma longa história na área e permanece sendo um desafio a ser enfrentado. Para além dos conteúdos presentes em diversos níveis de ensino, uma compreensão mais profunda de como a ciência funciona, como o conhecimento científico é produzido, validado e comunicado, assim como a própria natureza desse conhecimento, no que se refere às suas particularidades epistemológicas, tem sido vista como algo a ser buscado e com valor para a educação científica. Trata-se de um conteúdo metacientífico (MARTINS, 2015, p. 704).

Trabalhos como de Boaro (2017) pontuam que para se conseguir discutir, de modo significativo, os aspectos da Natureza da Ciência (NdC) contemporânea na Educação Básica, é de suma importância que se busque trabalhar, nos programas de formação de professores de ciências, o ensino de conteúdos metacientíficos (PIZZATO, 2010; NIAZ, 2011; HENKE; HÖTTECKE, 2015; RUSSO; ROÇAS, 2019; FERREIRA; CUSTÓDIO, 2021). Além do mais, embora tenhamos atualmente um cenário em que o campo da Didática das Ciências (DdC) encontra-se fortemente consolidado e entrelaçado ao eixo das discussões referentes à Natureza da Ciência contemporânea (conforme será discutido no artigo referente ao estado da arte desta pesquisa), as problemáticas no ensino de ciências que remetem às influências de concepções epistemológicas ultrapassadas e deturpadas do fazer científico ainda encontram-se enraizadas e sendo perpetuadas nas concepções de professores, alunos e em muitos livros didáticos da área de ciências (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 2007; NIAZ, 2009; BERMUDEZ, 2014; SCHIRMER; SAUERWEIN, 2014; REIS; KIOURANIS, 2018).

Algumas das principais problemáticas que envolvem o ensinar História e Filosofia da Ciência (HFC) no contexto de formação docente são apresentadas:

- Como operacionalizar os conhecimentos referentes à NdC no âmbito da formação docente inicial e como instrumentalizar os professores em formação quanto às diferentes formas

de se ensinar HFC no ensino de ciências? (MARTINS, 2007, BOARO, 2017; MASSONI, 2010, FERREIRA; CUSTÓDIO, 2021).

- Como diminuir a carência de proposições concretas relacionadas ao ensino de HFC no contexto empírico de sala de aula? (VITAL; GUERRA, 2014; RUSSO; RÔÇAS, 2019; MACEDO; ALVES; BARROSO, 2020)

- Como desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK, oriundo do termo em inglês Pedagogical Content Knowledge) referente à NdC no processo formativo do professor de ciências? (SILVA; MARTINS, 2018; SILVA; MARTINS, 2019).

- Como diminuir o distanciamento entre as disciplinas específicas e as disciplinas didáticas e pedagógicas dos cursos de licenciatura em ciências e abordar processualmente, no currículo formativo, elementos da NdC contemporânea em tais disciplinas, de modo a se valorizar uma perspectiva interligada de discussão de tais conteúdos na formação de professores de ciências? (FERREIRA; CUSTÓDIO, 2021; PEDUZZI; RAICIK, 2020).

- Como trabalhar as concepções referentes à NdC de modo a conseguir trazer ferramentas, estratégias que ajudem os professores em formação a operacionalizarem a HFC em sua práxis docente? (BOARO; MASSONI, 2018).

Considerando tais questões e problemáticas acentuadas, compreende-se como relevante a necessidade de conseguir explorar, no ensino de ciências, abordagens que possibilitem discussões referentes à dinâmica construtiva do pensamento científico e o caráter humano da ciência, de modo a se refletir a ciência compreendida por sua coletividade, sem desvalorizar a individualidade de cada cientista no processo de construção, desenvolvimento e transformações do pensamento científico ao longo da história.

Nesse sentido, seria pertinente a criação de instrumentos que possam contribuir com a prática docente no processo de planejamento didático que auxiliem na seleção de aspectos da natureza científica contemporânea e na transposição didático-pedagógica de tais conteúdos metacientíficos para o professor de ciências. Instrumentos que sejam relevantes para o ensino de elementos da HFC em situações concretas do cotidiano escolar, principalmente, no âmbito da formação de professores de ciências, que vem sendo compreendido como uma importante necessidade para a qualificação da educação científica (MARTINS, 2007; SCHIRMER; SAUERWEIN, 2014; VITAL; GUERRA, 2014; RUSSO; RÔÇAS, 2019).

Necessita-se de instrumentos didáticos que possam contribuir para que se consiga trabalhar conteúdos científicos por uma perspectiva histórico-epistemológica no ensino de ciências, que possibilitem ajudar os iniciantes à docência a testarem diferentes estratégias e ferramentas com tal ênfase, podendo, como exemplo, explorar as relações entre os cientistas, aspectos teóricos e empíricos se utilizando de diversas lentes epistemológicas da HFC.

Esta tese se originou inicialmente da motivação em buscar compreender a pertinência de uma convergência epistemológica entre os filósofos da ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos no âmbito da Didática das Ciências e investigar associações da referida convergência à perspectiva de análise de episódios e ao conceito de *Redes de Conhecimento*.

Após explorarmos relações no campo da DdC e elaborarmos o estado da arte desta pesquisa, imergimos na perspectiva de análise de episódios científicos. Esta imersão gerou a criação de uma estratégia didática com o enfoque analítico de episódios, fundamentada diretamente em tal convergência<sup>1</sup> e, neste momento de imersão na perspectiva de análise de episódios, fomos criando a ideia de uma segunda estratégia de análise de episódios científicos que pudesse realizar um mapeamento conceitual específico da História da Ciência (HC) para discussão didática. Ao passo que tal estratégia, denominada *Redes de Conhecimento*, foi sendo amadurecida e desenhada a sua estrutura, bem como explorada a sua aplicabilidade na perspectiva analítica de episódios, evidenciaram-se potencialidades de tal estratégia que ressaltaram a relevância da sua identidade teórico-metodológica. Percebeu-se que as *Redes de Conhecimento* podem ser utilizadas conjuntamente com diversas linhas epistemológicas contemporâneas e que a sua identidade evidencia amplo potencial como estratégia analítica de episódios científicos, no sentido de se explorar características da natureza científica em narrativas da HC.

Como fruto do amadurecimento desta pesquisa, tem-se como principal problema, que rege esta investigação, a seguinte pergunta: *Como a relação envolvendo a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos no que tange à natureza epistêmica da História da Ciência e o conceito de Redes de Conhecimento pode ser relevante no contexto da Didática das Ciências?*

Defendemos, nesta pesquisa, que a valorização do diálogo entre filosofias da ciência contemporâneas pode ser relevante no cenário da educação científica (YAMAZAKI, 2014) e

---

<sup>1</sup> Os critérios de análise desta estratégia didática partiram de uma associação das relações gerais da convergência (apresentadas na sub-seção 2.1.2) para a perspectiva de análise de episódios científicos.

que a discussão explícita de concepções sobre a natureza da ciência no ensino (MOURA, 2014; BOARO, 2017) converge a uma gama de possibilidades didáticas envolvendo os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos por uma perspectiva metaconceitual para o aluno. Nesse sentido, tem-se como importante defesa que o enfoque comparativo no ensino em relação ao diálogo e contraste de epistemologias científicas contemporâneas valoriza a busca por semelhanças e diferenças entre tais filosofias, podendo-se trabalhar características da natureza científica por um viés abrangente dialeticamente. Tal perspectiva possibilita a elaboração de modelos (constructos teóricos) fundamentados em ideias/pontos de contato e discussões convergentes oriundas de filosofias científicas distintas para se trabalhar no âmbito da DdC.

A seguir, serão apresentados os elementos norteadores que guiaram o processo de investigação desta pesquisa em nível de doutoramento.

### **1.1 Hipóteses da pesquisa**

- ❖ A convergência epistemológica pode contribuir na Educação em Ciências, para explicar tanto os conteúdos científicos, como as dimensões epistemológicas dos mesmos;
- ❖ A articulação entre a convergência epistemológica e as *Redes de Conhecimento* pode contribuir para uma maior clareza mapeadora e reflexiva em relação à utilização da História da Ciência no contexto do Ensino de Ciências.

### **1.2 Premissa**

- ❖ Há uma relação dialética entre História da Ciência e Filosofia da Ciência (partindo do olhar da convergência) que possui grande valia ao campo da DdC. Esta premissa se relaciona à dificuldade apontada na literatura (FERREIRA; CUSTÓDIO, 2021) envolvendo o distanciamento entre disciplinas de HC e as com enfoque epistemológico científico, dificuldade também discutida por Boaro e Massoni (2018).

### **1.3 Problema de investigação**

- ❖ Como a relação envolvendo a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos no que tange à natureza epistêmica da História da Ciência e o conceito de *Redes de Conhecimento* pode ser relevante no contexto da Didática das Ciências?

## 1.4 Objetivos

Para realização desta pesquisa foram elencados os referidos objetivos (geral e específicos):

### 1.4.1 Objetivo geral

- ❖ Investigar e aprofundar a relação envolvendo a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos em relação à História da Ciência e o conceito *Redes de Conhecimento* no contexto da Didática das Ciências.

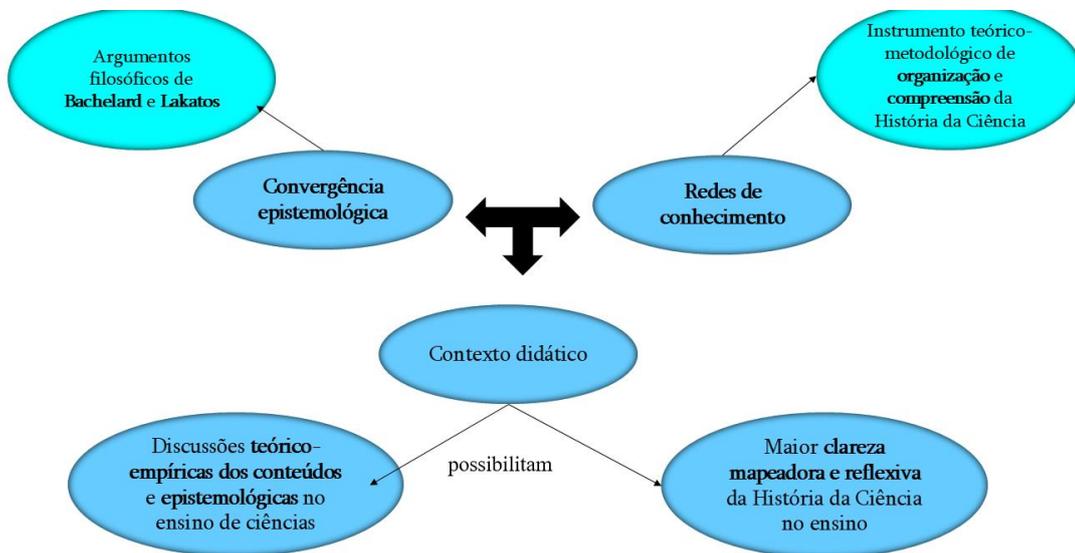
### 1.4.2 Objetivos específicos

- ❖ Aproximar as relações teóricas entre a convergência epistemológica e a Didática das Ciências, especialmente no que tange à explicitação e avaliação das ideias dos alunos, conteúdos científicos e metodologia de ensino.
- ❖ Relacionar aspectos da convergência epistemológica com episódios científicos e com o conceito *Redes de Conhecimento*, com vistas à elaboração de estratégias didáticas para a formação de professores de ciências;
- ❖ Analisar a compreensão de futuros professores de Ciências sobre a convergência epistemológica aplicada à Didática das Ciências e a relação entre a referida convergência e o conceito *Redes de Conhecimento*.

### 1.5 Exposição da ideia de tese desta pesquisa

A relação entre a convergência epistemológica envolvendo as ideias/defesas filosóficas de Gaston Bachelard e Imre Lakatos e o conceito *Redes de Conhecimento* possibilita, no contexto didático, a abordagem dos conteúdos científicos por uma perspectiva teórico-empírica e histórico-filosófica do pensamento científico, de modo a valorizar a inserção de discussões epistemológicas no Ensino de Ciências e sob um entendimento que expõe uma clareza mapeadora e reflexiva da História da Ciência no ensino. A Figura 1 a seguir sintetiza as principais ideias pontuadas nesta ideia de tese apresentada.

Figura 1 – esquema conceitual que apresenta a ideia de tese desta pesquisa de doutorado.



Fonte: elaborada pela autora.

Esta tese de Doutorado, em linhas gerais, apresentou, até o momento, uma breve exposição da temática e os elementos norteadores desta investigação expostos no capítulo 1.

Em seguida, será apresentado o capítulo 2, que almeja trazer o momento teórico desta pesquisa, sendo organizado em duas principais seções: *2.1 Referencial teórico* e *2.2 As Estratégias didáticas da pesquisa* – com o intento de trabalhar os dois primeiros objetivos específicos desta investigação. Nesse sentido, a seção *2.1* contempla uma subseção *2.1.1*, que objetiva expor um panorama geral envolvendo os estudos referentes à HFC e a DdC na literatura. Em seguida, tem-se subseção *2.1.2*, que intenciona explorar relações da convergência epistemológica entre os filósofos da Ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos no âmbito da DdC. Tal subseção representa o principal referencial teórico desta pesquisa. A seção *2.2 As*

*Estratégias didáticas da pesquisa* abrange três sub-seções, identificadas, respectivamente, como subseção 2.2.1 *Análise epistemológica de episódios científicos: uma Estratégia Didática fundamentada nas convergências entre argumentos de Bachelard e Lakatos*, subseção 2.2.2 *Redes de Conhecimento como lentes cognitivas para análise de episódios científicos* e a subseção 2.2.3 *Apresentação de uma Estratégia Analítica de Proposta Didática fundamentada em argumentos convergentes de Bachelard e Lakatos*. Seguindo tal ordem, pontua-se que as subseções 2.2.1 e 2.2.2 objetivam apresentar duas estratégias didáticas de análise de episódios e a 2.2.3 tem como enfoque apresentar uma estratégia de análise de proposta didática.

Dando prosseguimento na estrutura desta tese, tem-se o capítulo 3, que objetiva apresentar os *Delineamentos metodológicos desta pesquisa*, sendo dividido em quatro subseções: 3.1 *Estrutura metodológica geral da pesquisa*, 3.2 *Contexto e descrição (relato) das duas aplicações*, 3.3 *Metodologia de análise da Estratégia Discursiva de Episódios*, 3.4 *Metodologia de análise da Estratégia de Episódios Redes de conhecimento (e quanto à relação com as lentes da convergência epistemológica)* e 3.5 *Metodologia de análise da Estratégia Discursiva de Proposta Didática*. Em síntese tais subseções 3.1, 3.2, 3.3 3.4 e 3.5, pretendem explicar, respectivamente, os delineamentos metodológicos desta investigação concernentes à estrutura geral metodológica, e em seguida, o contexto e a descrição das aplicações (ocorridas no momento teórico-empírico) e, por fim, a exposição das metodologias de análise de cada estratégia investigada.

Em sequência, o capítulo 4 adentra o momento teórico-empírico desta tese, no qual pretende-se discutir e refletir os resultados coletados das duas intervenções ocorridas quanto às estratégias didáticas elaboradas na pesquisa em relação aos objetivos propostos-principalmente, quanto ao terceiro objetivo específico. Este capítulo foi estruturado em quatro sub-seções, denominadas, respectivamente, como subseção 4.1 *Análise dos resultados envolvendo a aplicação da Estratégia Didática Analítica Discursiva de episódios*, subseção 4.2 *Análise dos resultados envolvendo a aplicação da Estratégia Redes de Conhecimento*, subseção 4.3 *Análise dos resultados envolvendo a aplicação da Estratégia Discursiva de Proposta Didática* e, por último, a sub-seção 4.4 *Relacionando o Todo da Pesquisa: Conexões e Reflexões*.

Por fim, o capítulo 5 objetiva apresentar as considerações finais desta tese, apresentando uma síntese dos resultados e reflexões oriundas do desenvolvimento desta investigação em nível de doutorado.

Em síntese, esta pesquisa apresenta-se em dois formatos principais, sendo o primeiro formato (referente ao momento teórico) estruturado em artigos e o segundo formato (referente ao momento teórico-empírico) apresenta-se estruturado de acordo com o modelo tradicional de tese. Sendo assim, esta tese organiza a sua apresentação em um “formato híbrido”.

---

## 2 MOMENTO TEÓRICO DA PESQUISA

### 2.1 Referencial Teórico

#### 2.1.1 COMO SE ENCONTRAM OS ESTUDOS DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS, RELACIONADOS À HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, NA LITERATURA CONTEMPORÂNEA?<sup>2</sup>

*Amadurecendo as conexões da pesquisa entre HFC e DdC (autora)*

**Resumo:** Este trabalho visa apresentar algumas reflexões e discussões referentes ao contexto dos estudos da Didática das Ciências em relação à História e Filosofia da Ciência. Foram utilizadas as bases de dados Dialnet e periódicos da CAPES em relação aos artigos publicados no período de 2013 a 2018. Desse modo, utilizou-se como critério de escolha a ênfase para trabalhos que discutissem, conjuntamente, História e Filosofia da Ciência ao contexto da Didática das Ciências. Foram selecionados 7 artigos da base de dados Dialnet e 15 dos periódicos da CAPES, totalizando, assim, a coleta de 22 artigos para análise final. Salienta-se que as principais categorias de discussão deste trabalho são relacionadas, respectivamente, à: importância da História e Filosofia da Ciência no contexto da Didática das Ciências; dificuldades e potencialidades da História e Filosofia da Ciência em relação à formação docente; enfoques da História e Filosofia da Ciência à aprendizagem científica, a metodologias de ensino, à experimentação científica na Didática das Ciências, em relação aos currículos de ciência e aos livros didáticos; e autores que são referenciados em relação à Filosofia da Ciência. Foi possível perceber que as defesas da História e Filosofia da Ciência encontram-se bem articuladas ao contexto da Didática das Ciências na literatura atual. No entanto, evidencia-se como uma importante necessidade na literatura que se enfatize mais estudos que explorem as potencialidades e limitações de propostas didáticas fundamentadas na História e Filosofia da Ciência ao contexto de sala de aula, com o intuito de se fomentar novos olhares e perspectivas ao contexto cotidiano do ensino de Ciências.

**Palavras-chave:** Revisão de Literatura; Didática das Ciências; História e Filosofia da Ciência.

##### 2.1.1.1 Introdução

O cenário de estudos envolvendo a História e Filosofia da Ciência (HFC) ao contexto da Didática das Ciências (DdC) fortaleceu-se e consolidou-se como uma importante área na ênfase de novas possibilidades e fortuitos debates quanto às dificuldades e potencialidades para a educação científica em termos internacionais (ALLCHIN, 2014; KALMAN e LATTERY, 2018; GARIK et al., 2015; HENKE e HÖTTECKE, 2015; BERMUDEZ, 2014; ACLAND, 2014; SANTOS et al., 2014, KENDIG, 2013; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; JENKINS, 2013; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015).

---

<sup>2</sup>Este artigo encontra-se publicado na Revista Ciências & Ideias no endereço online <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/issue/view/69>

Inicialmente, cabe delimitar para este estudo a Didática das Ciências. Segundo Alves (2014, p. 46), a Didática das Ciências pode ser definida como a “Ciência de ensinar Ciências”. Essa autora ainda pontua importantes discussões sobre a natureza dessa ciência relacionada ao contexto de formação de professores:

A natureza da Didática das Ciências é abstrata, e sua cientificidade se legitima através do modelo didático por propor campos próprios de conhecimento, visando estabelecer estratégias de ensino, concepções epistemológicas, didáticas e pedagógicas do professor de Ciências e dos alunos, com base em representações e problemáticas próprias da Educação em Ciências, por meio de um discurso didático. Com base no princípio da totalidade, a Didática das Ciências possui conexões que interligam mutuamente todos os componentes do modelo didático, em um mesmo nível de significação conceitual e metodológica, dotando de uma autonomia relativa todos os campos do saber e da investigação envolvidos (ALVES, 2014, p. 47).

As defesas sobre a necessidade de inclusão da HFC no contexto didático relacionam-se a numerosos eixos significativos da Didática das Ciências. Tem-se, por exemplo, no que tange aos currículos de ciências em relação às reformas educacionais (principalmente a partir dos anos 1990), na formação de professores e, mais especificamente, nas bases teórico-metodológicas do cotidiano da prática docente em sala de aula, as quais se tornaram cada vez mais pertinentes e evidentes a uma grande gama de problemáticas ilustradas pela educação científica. A investigação de relações da HFC ao contexto da Didática das Ciências proporciona um aprofundamento teórico quanto às raízes estruturais de muitos problemas e obstáculos que o atual contexto de ensino de Ciências vivencia. De maneira geral, algumas das principais problemáticas encontradas na literatura sugerem lacunas no que tange à formação de professores (inicial e permanente), a estruturação do currículo de Ciências na atualidade, o conteúdo teórico apresentado dos livros didáticos e as limitações e dificuldades evidenciadas tanto aos processos de ensino como os de aprendizagem (BERMUDEZ, 2014; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; JENKINS, 2013; ALLCHIN, 2014; GARIK et al., 2015; SIN, 2014; NIAZ et al., 2013; HENKE e HÖTTECKE, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015).

Pode-se dizer que a área da Didática das Ciências possui como um importante fundamento teórico-metodológico os estudos consolidados do campo da HFC na atualidade. Sendo assim, compreende-se pertinente conhecer os estudos apresentados na literatura que tratam de relacionar a HFC e a DdC. Portanto, com o objetivo de pontes entre os estudos da HFC e o campo da Didática das Ciências, este artigo almeja apresentar uma análise da literatura envolvendo trabalhos que discutem de forma articulada os estudos da História e Filosofia da

Ciência ao contexto da Didática das Ciências. Dessa forma, tem-se como principal pergunta de análise a seguinte questão: como encontram-se as pesquisas em Didática das Ciências relacionadas ao campo da História e Filosofia da Ciência na literatura contemporânea?

### **2.1.1.2 Metodologia**

Para mérito de esclarecimentos metodológicos, essa investigação ocorreu no período de 2018 a 2019 nos portais Dialnet e Portal de Periódicos da CAPES. A escolha pelo Portal de Periódicos da CAPES deve-se por ser este portal um dos mais acessados e recomendados pelos programas de pós-graduação brasileiros. Além disso, trata-se de uma biblioteca virtual que conta atualmente com um acervo de mais de 45.000 periódicos com texto completo e 130 bases referenciais, tais como ERIC (Education Resources Information Center), Scielo (Scientific Electronic Library Online), Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) e Persée. Já o Dialnet é um portal de produção científica com índices de revistas da Espanha, Portugal e América Latina, contendo um acervo de 9.600 revistas.

Foram utilizados como descritores os seguintes termos: “Historia y Filosofia de la ciencia” e “Enseñanza de las Ciencias” no portal Dialnet (por se tratar de um portal espanhol); e “History and Philosophy of Science” e “Science Education” no Portal de Periódicos da CAPES (visto que tal portal agrega periódicos em diversos idiomas, mas geralmente contendo artigos com resumos e palavra-chaves em inglês). Por escolha dos autores, optou-se por dar ênfase na análise aos artigos de periódicos. Salienta-se que foram escolhidos como descritores os termos “Enseñanza de las Ciencias” e “Science Education” por considerar que os referidos termos possibilitariam uma varredura mais relevante do que utilizar o termo Didática das Ciências propriamente nas referidas bases de dados (visto o baixo número de artigos selecionados com esse descritor). Foram escolhidos os artigos nessa análise que discutissem HFC tanto ao contexto da Biologia, Química e Física, como também com defesas gerais da ciência no que tange à HFC e à perspectiva da educação científica.

Dos artigos encontrados, todos tiveram os seus resumos lidos para verificar a aderência ao objetivo da pesquisa. Sete artigos foram selecionados da base de dados Dialnet e 15 selecionados do portal de periódicos da CAPES, totalizando, assim, a coleta de 22 artigos para análise final. Esses artigos foram lidos integralmente e, a partir dessa leitura, emergiram as categorias que serão apresentadas na análise de resultados. Desse modo, utilizou-se como

critério de escolha a ênfase para trabalhos que discutissem, conjuntamente, HFC ao contexto da Didática das Ciências nos últimos cinco anos (2013-2018).

### 2.1.1.3 Análise de resultados

A seguir, apresenta-se o quadro 1 contendo um resumo dos principais enfoques de cada artigo de acordo com as categorias elencadas. Salienta-se que cada categoria será apresentada e discutida na sequência. Os artigos foram analisados segundo as respectivas categorias denominadas “A importância da HFC no contexto da Didática das Ciências”, “Dificuldades e potencialidades da HFC em relação à formação docente”, “Enfoques da HFC à aprendizagem científica”, “Enfoques da HFC a metodologias de ensino”, “Enfoques da HFC e a experimentação científica na DdC”, “Enfoque da HFC em relação aos currículos de ciência”, “Enfoque da HFC ao contexto dos livros didáticos” e “Autores que são referenciados em relação à Filosofia da Ciência”. Cabe pontuar que, como todos os artigos apresentaram ou discutiram defesas envolvendo a importância da HFC no contexto da Didática das Ciências (DdC), considerou-se oportuno dedicar, inicialmente, uma reflexão contemplando defesas e discussões gerais que abarcam a importância da HFC ao contexto da educação científica.

Quadro 1- principais enfoques de cada artigo de acordo com as categorias elencadas.

Categoria/Artigo	Importância	Formação docente	Aprendizagem	Metodologias de ensino	Experimentação científica	Currículo	Livros didáticos
Moreno (2013)	X	X			X		
Kendig (2013)	X	X		X			
Gericke; Hagberg; Jorde (2013)	X		X				
Jenkins (2013)	X					X	
Niaz et al. (2013)	X						X
Acland (2014)	X	X					

Santos et al. (2014)	X	X					
Bermudez (2014)	X	X	X				X
Allchin (2014)	X	X		X			
Sin (2014)	X	X					
Garik et al. (2015)	X	X					
Henke; Höttecke (2015)	X	X					
Teixeira; Freire; Greca (2015)	X			X			
Archila (2015)	X			X			
Galili (2016)	X					X	
Yacoubian (2015)	X			X			
Chacón; Mosquera; Mejía (2016)	X	X			X		
Maurício; Valente; Chagas (2017)	X	X	X				
Muñoz; Valencia; Cabrera-Castillo (2017)	X			X			

Tsybulsk; Dodick; Camhi (2018)	X		X	X			
Kalman; Lattery (2018)	X		X	X			
Bøe; Henriks; Angell (2018)	X			X			

Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe ressaltar que os trabalhos de Michael Matthews (1994, 2000, 2012, entre outros), publicados em período anterior ao definido para recorte temporal desta análise, são muito citados pelos artigos analisados. Cabe valorizar que, em especial, o livro organizado por Matthews (2014) vem sendo explicitado como uma importante referência às discussões contemporâneas desse campo de pesquisa da educação científica (ARCHILA, 2015; GALILI, 2016; TSYBULSKY; DODICK; CAMHI, 2018).

#### **2.1.1.3.1 A importância da HFC no contexto da Didática das Ciências**

Nesses últimos anos, percebeu-se um avanço significativo envolvendo a riqueza de discussões pautadas pela linha de investigação da História e Filosofia da Ciência (HFC) no contexto da Didática das Ciências. Cabe ressaltar que as pautas de discussão do início dos anos 1990 defendiam e enfatizavam uma necessidade de reaproximação entre os estudos da HFC e a educação científica, além de trabalhos posteriores que fortaleceram tal defesa (MATTHEWS, 1994; SOLBES e TRAVER, 1996; LOGUERCIO e DEL PINO, 2007; PIZZATO, 2010). Por outro lado, atualmente encontra-se como consenso na literatura que os estudos da HFC propiciam importantes caminhos e possibilidades em relação à Didática das Ciências. Salienta-se que considerável parcela dos artigos referencia-se em reformas curriculares e documentos de políticas educacionais que incluíram a HFC em suas discussões nas últimas décadas. Mais especificamente, tais reformas e documentos de políticas educacionais vêm incluindo e articulando, desde a década de 1990, um conjunto de pontos consensuais envolvendo a Natureza da Ciência (NdC) na literatura associado às defesas da alfabetização científica nos currículos de ciência em uma perspectiva internacional (exemplo GARIK et al., 2015; TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; JENKINS, 2013; SIN, 2014). O entendimento da NdC como um

elemento estruturante para se trabalhar a alfabetização científica nos currículos de ciência explicita-se como um consenso em boa parcela dos artigos analisados.

Tsybulsky, Dodick e Camhi (2018), assim como outros artigos (NIAZ et al., 2013; JENKINS, 2013; SIN, 2014; GARIK et al., 2015), pontuam que a NdC começou a ser um importante tema na educação científica principalmente a partir dos trabalhos de James B. Conant publicados em 1957, bem como os autores ressaltam também as reformas e políticas voltadas para o contexto educacional dos Estados Unidos da América (EUA) e também no contexto de Israel (TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018). Yacoubian (2015) reflete que a NdC tem consolidado uma importante atenção em relação aos currículos científicos, bem como documentos de políticas educacionais em termos internacionais (como exemplos tem-se os contextos do Canadá, Europa e EUA). Além do mais, o desenvolvimento da compreensão da NdC vem sendo defendido como relevante para a promoção da alfabetização científica dos alunos. Segundo o autor, a NdC relaciona-se ao contexto da epistemologia da ciência, aos processos construtivos e dinâmicos que ilustram a forma de conhecer, bem como refletem sobre os valores e crenças intrínsecas ao conhecimento científico (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000 apud YACOUBIAN, 2015).

Salienta-se que encontram-se como importantes resultados explicitados através de currículos de ciência que vêm incluindo a HFC, uma crescente melhora quanto a aprendizagem conceitual dos estudantes em relação à alfabetização científica e à Natureza da Ciência (HENKE e HÖTTECKE, 2015). Pontuam-se defesas em relação à ênfase de estratégias metacognitivas, como a relevância de se explorar as atitudes científicas e experiências de pensamento como importantes enfoques de abordagens didáticas que valorizam a HFC no contexto de sala de aula (como exemplos, TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; ARCHILA, 2015; GALILI, 2016; KALMAN e LATTERY, 2018; HENKE e HÖTTECKE, 2015). Observou-se, também, como defesas gerais em relação à relevância da HFC no contexto da DdC no que tange a ênfase conceitual, a inserção e fortalecimento de metaciências na educação científica (GARIK et al., 2015; SANTOS et al., 2014; GERICKE, HAGBERG e JORDE, 2013; KALMAN e LATTERY, 2018; TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018).

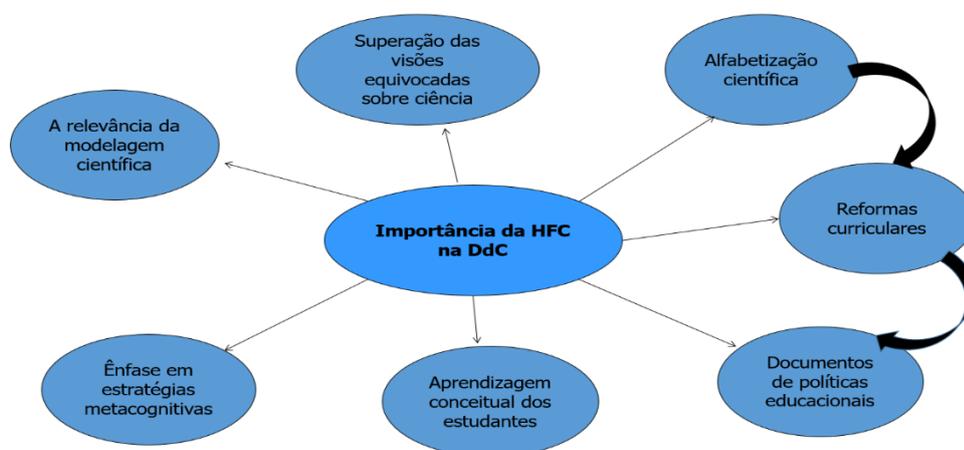
Além disso, ressalta-se que a modelagem científica explicita-se como uma das principais defesas da HFC ao contexto da educação científica (como exemplos, GARIK et al., 2015; SANTOS et al., 2014; ACLAND, 2014; BERMUDEZ, 2014; MORENO, 2013; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016). Em um contexto sueco, Gericke, Hagberg e Jorde (2013) enfatizam a importância do uso de modelagens na educação científica como um

elemento essencial para contribuir para o processo de desenvolvimento conceitual por parte dos alunos, além de relacionar essa defesa a diversos currículos internacionais. Os autores pontuam, ainda, que os modelos são, de uma maneira geral, parte integrante da NdC, bem como defendem o uso de modelos no ensino de Ciências fundamentados na NdC. Para Allchin (2014), muitos educadores já demonstraram possibilidades efetivas em trazer para o contexto de sala de aula discussões sobre a dinâmica construtiva de modelos científicos, bem como o status explicativo dos referidos modelos e teorias científicas. Em sua proposta para formação de professores, Garik et al. (2015) defendem o uso de modelagens científicas e a história conceitual da Física no ensino. Os autores explicitam, como importante objetivo do seu artigo, buscar motivar os professores para reflexões sobre a NdC e a relevância da modelagem científica na educação científica, como também buscar discutir as visões equivocadas sobre o pensamento científico e a sua natureza no ensino. Salienta-se que os autores demonstram correlações e paralelos com o curso para professores de Química apresentado e discutido por Niaz (2009).

Por outro lado, muitos trabalhos também apontam para a necessidade de um fortalecimento teórico-metodológico quanto à valorização de uma pedagogia científica fundamentada em pressupostos oriundos da HFC ou NdC, com ênfase de propostas concretas ao contexto da sala de aula, entre outras questões (como exemplos GARIK et al., 2015; GALILI, 2016; ACLAND, 2014; BERMUDEZ, 2014).

De maneira geral, as problemáticas que se explicitam neste campo de investigação continuaram associando-se às críticas relacionadas a defesas equivocadas e ultrapassadas da epistemologia científica tradicional (vigente até a primeira metade do século XX) no contexto da educação científica (por exemplo, os trabalhos de MORENO, 2013; BERMUDEZ, 2014; SIN, 2014; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016). Os trabalhos e discussões nesta área de pesquisa se aprofundaram progressivamente como, por exemplo, em enfoques relacionados às concepções simplistas equivocadas da NdC tanto no que tange à prática docente (exemplos: ALLCHIN, 2014; SIN, 2014; HENKE e HÖTTECKE, 2015) como às compreensões dos alunos (exemplos: KALMAN e LATTERY, 2018; GERICKE, HAGBERG e JORDE, 2013) e problemas conceituais e estruturais dos livros didáticos de ciências (NIAZ et al., 2013; BERMUDEZ, 2014). A Figura 2 visa apresentar uma síntese dessa categoria inicial.

Figura 2- síntese dos principais pontos elencados na categoria importância da HFC na DdC.



Fonte: elaborado pelos autores.

#### 2.1.1.3.2 Dificuldades e potencialidades da HFC em relação à formação docente

Ressalta-se que boa parcela dos artigos apresenta discussões relacionadas à formação docente. No entanto, apenas alguns autores se aprofundam em reflexões e debates concernentes às potencialidades e dificuldades envolvendo a formação docente e a HFC (ALLCHIN, 2014; ACLAND, 2014; HENKE e HÖTTECKE, 2015; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; GARIK et al., 2015; BERMUDEZ, 2014; SANTOS et al., 2014, SIN, 2014; MORENO, 2013; KENDIG, 2013; MAURÍCIO, VALENTE e CHAGAS, 2017). Nesse sentido, encontram-se trabalhos que buscam discutir as compreensões de professores em formação sobre a NdC e a experimentação, como também em discussões envolvendo momentos formativos em relação ao conhecimento específico pedagógico da HFC com enfoques variados – como, por exemplo, a ênfase de estratégias metacognitivas na formação.

Em uma perspectiva que direciona a NdC a discussões envolvendo a experimentação científica e formação de professores, Chacón, Mosquera e Mejía (2016) argumentam que a experimentação na formação docente da área de Física se evidencia como um fortuito campo de investigação para estudos relacionados à NdC. Para os autores, tal relação se dá com a inter-relação da experimentação às discussões concernentes a processos de construção da ciência, além da relevância em representar também uma visão própria da natureza construtiva da ciência e seu ensino (CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016). Destaca-se que uma importante problemática que encontra-se enraizada no contexto da educação científica e que explicita-se

fortemente na formação docente vem a ser a visão dicotômica entre o campo teórico e empírico (exemplo, os trabalhos de CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; BERMUDEZ, 2014; MORENO, 2013; ACLAND, 2014). Além do mais, Henke e Höttecke (2015) pontuam como algumas problemáticas concernentes à carência na formação de professores, entre outras: a escassez de materiais didáticos acessíveis para o contexto de aulas de Ciências fundamentadas em HFC; e as limitações e lacunas no conhecimento do professor para identificar recortes históricos relevantes a uma transposição no que tange a materiais curriculares úteis ao contexto da didática científica. Os autores enfatizam que a formação de professores evidencia muitas limitações quanto à transposição didática da HFC como ferramenta relevante ao ensino de Ciências. Cabe salientar que os docentes pesquisados por Henke e Höttecke (2015) demonstraram lacunas e receios em adaptar a História da Ciência às circunstâncias específicas do ensino, como também limitações quanto às abordagens de modelos instrucionais que relacionam ideias científicas contemporâneas e históricas para a aprendizagem dos alunos. Tais professores criticam, na pesquisa, a falta de uma interligação dos referidos materiais com os conteúdos curriculares e os objetivos do ponto de vista educacional. Em concordância de discussões, Garik et al. (2015) ressaltam que os professores necessitam de uma formação específica docente para aprenderem sobre a História da Ciência e, assim, fomentar na formação perspectivas com relevâncias didáticas deste conhecimento, para que se possa contribuir com a aprendizagem dos alunos.

Em busca de uma perspectiva estruturante da HFC na formação docente, Henke e Höttecke (2015) salientam que esta também necessita de um suporte para fundamentar o planejamento de avaliações, bem como dos critérios para análise das respostas dos alunos. Os autores ressaltam que as implementações da HFC devem ser acompanhadas pelo desenvolvimento do conhecimento pedagógico específico dos docentes em relação à HFC no que tange ao processo avaliativo de ganhos de aprendizagem na referida perspectiva, como também no que se refere ao conteúdo científico que se baseia a aprendizagem científica.

Além do mais, cabe ressaltar que trabalhos como Allchin (2014) e Garik et al. (2015) apresentam importantes discussões quanto à problemática visualizada na literatura referente à elaboração e aplicação significativa da HFC no contexto de ensino ou, mais especificamente, em relação à formação docente. Tal discussão explicita-se como pertinente, visto a ampla gama de problemáticas e lacunas relacionadas à HFC com funcionalidade didática à formação de professores discutida na literatura. Allchin (2014) discute que um próximo passo para essa área de investigação seria fomentar estudos da ciência ao contexto da alfabetização científica e a

NdC com o intuito de explorar relações com questões sócio-científicas e demais aspectos da ciência à educação científica. Como fruto de sua revisão, o autor discute em seu artigo três abordagens (Student Inquiry, Contemporary Cases e Historical Cases) ilustradas pela literatura para discutir NdC e educação científica no contexto de sala de aula. Para Allchin (2014), as discussões envolvendo a NdC na educação científica devem atentar a fomentar e desenvolver novas metodologias avaliativas que se preocupem em analisar o processo de aprendizagem dos alunos em relação as especificidades da NdC.

Seguindo essa linha de discussão, Garik et al. (2015) apresentam um importante artigo envolvendo as reflexões e discussões de um curso voltado para a formação docente, o qual almejou explorar o enfoque conceitual do ensino de Física articulado a relevantes questões da HFC e suas possíveis estratégias didáticas. Destaca-se que o curso envolveu as discussões de conteúdos científicos como “[...] dinâmica, gravidade, termodinâmica, eletrostática, eletricidade, luz, eletromagnetismo e teoria atômica” (p. 390, tradução nossa), de maneira a se apoiar na defesa da modelagem científica e no método comparativo em relação aos diferentes modelos históricos da Ciência.

#### **2.1.1.3.3 Enfoques da HFC à aprendizagem científica**

Além das defesas e aplicações envolvendo a modelagem científica em relação às perspectivas de aprendizagem (com ênfase a estratégias metacognitivas), citadas anteriormente, a maior parte dos autores selecionados traz ênfase às abordagens construtivista e cognitivista da aprendizagem científica. Em relação às discussões mais focadas envolvendo a perspectiva da aprendizagem de ciências e a HFC, tem-se um aprofundamento maior nos seguintes trabalhos de Maurício, Valente e Chagas (2017), Bermudez (2014), Kalman e Lattery (2018), Gericke, Hagberg e Jorde (2013), Tsybulsky, Dodick e Camhi (2018). Apresentam-se como importantes exemplos os trabalhos de Kalman e Lattery (2018) e de Gericke, Hagberg e Jorde (2013), no que se referem à ênfase de estudos que envolvem uma perspectiva cognitivista da aprendizagem alicerçada em métodos comparativos e de debates envolvendo diferentes explicações teóricas para fenômenos iguais. Nota-se que tais autores se fundamentam, em grande parcela, na pluralidade teórico-metodológica explicitada pela História da Ciência.

Seguindo essa linha de discussão, Kalman e Lattery (2018) salientam a complexidade envolvendo epistemologias mistas que coexistem no contexto de sala de aula em relação às concepções dos alunos sobre a ciência. Tais autores reforçam que a abordagem das diferentes

ideias dos alunos quanto à NdC representa um significativo desafio às pesquisas na área de educação científica. Para Kalman e Lattery (2018), o processo de instrução científica deve ser planejado para dar suporte a métodos que envolvem a comparação e uma dinâmica de contraste entre as teorias.

De maneira geral, em relação às concepções dos alunos e a aprendizagem científica por uma perspectiva da HFC, evidenciam-se discussões relacionadas: às concepções alternativas dos alunos e o processo construtivo das teorias científicas na História da Ciência; à complexidade das concepções prévias dos discentes relacionadas a suas epistemologias mistas sobre a ciência e sua natureza construtiva; ao conceito de incomensurabilidade entre determinadas teorias científicas na História da Ciência e as concepções dos alunos, bem como a ênfase em debates envolvendo pluralidade de ideias em relação ao processo de aprendizagem, entre outras (exemplos: MAURÍCIO, VALENTE e CHAGAS, 2017; GERICKE, HAGBERG e JORDE, 2013; KALMAN e LATTERY, 2018; TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; BERMUDEZ, 2014). Bermudez (2014), em sua discussão histórico-filosófica envolvendo as teorias de evolução, discute sobre a resistência relacionada às concepções alternativas dos alunos referentes à evolução biológica, principalmente no que se refere às teorias lamarkianas e às concepções teleológicas de Aristóteles em relação à seleção natural. Em semelhante debate, Maurício, Valente e Chagas (2017) discutem a história da cor no contexto da Física, de maneira a relacionar com as concepções alternativas dos alunos. Os autores refletem a proximidade existente entre as teorias aristotélicas referentes ao conceito de cor na História da Ciência e as concepções alternativas enraizadas dos alunos envolvendo determinada discussão.

Em uma pesquisa direcionada à investigação dos alunos sobre a percepção dos mesmos quanto às características dos modelos científicos envolvendo o conceito de incomensurabilidade, Gericke, Hagberg e Jorde (2013) refletem que os alunos pesquisados explicitaram dificuldades em trabalhar o referido conceito no que tange aos diferentes modelos científicos em trechos de livros didáticos no contexto da Biologia. Os autores pontuam que os estudantes evidenciaram não compreender significativamente que os modelos científicos são elaborados em uma perspectiva plural de diferentes vertentes teóricas.

#### **2.1.1.3.4 Enfoques da HFC a metodologias de ensino**

Deve-se ressaltar que a alfabetização científica e a NdC representam, juntas, o eixo central das principais defesas correlacionadas a metodologias de ensino (Figura 3), bem como

compartilham relações como a modelagem científica, estratégias metacognitivas, argumentação científica, questões sócio-científicas e as controvérsias históricas (exemplos: TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; ARCHILA, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; ALLCHIN, 2014; YACOUBIAN, 2015).

Em relação a discussões mais focadas envolvendo a perspectiva da HFC a metodologias de ensino, tem-se com Muñoz, Valencia, Cabrera-Castillo (2017), Tsybulsky, Dodick, Camhi (2018), Archila (2015), Teixeira, Freire e Greca (2015), Kendig (2013), Allchin (2014), Yacoubian (2015), Kalman e Lattery (2018), Bøe, Henriks e Angell (2018) como trabalhos que apresentaram um maior aprofundamento à referida categoria. Cabe pontuar que a riqueza de diversidade de teorias e métodos explicitada pela História da Ciência vem sendo explorada de diferentes maneiras no contexto da educação científica (por exemplo, os trabalhos de MUÑOZ, VALENCIA e CABRERA-CASTILLO, 2017; TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; ARCHILA, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; KALMAN e LATTEY, 2018). Apresentam-se trabalhos que enfatizam o uso de controvérsias históricas articuladas à argumentação científica tanto em relação às questões sócio-científicas (por exemplo, ALLCHIN, 2014; YACOUBIAN, 2015), como também com enfoque à investigação científica no contexto do ensino por meio de casos históricos, entre outras estratégias didáticas (tais como as experiências de pensamento explicitadas na História da Ciência) (TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; ARCHILA, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; KALMAN e LATTEY, 2018). Ressalta-se que a argumentação científica associada à HFC apresenta-se como uma importante defesa ao contexto da educação científica (como em ARCHILA, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015).

De maneira sucinta, as metodologias de ensino explicitam tanto defesas que adentram discussões referentes ao contexto conceitual e histórico-filosófico da NdC - como exemplo, o uso de estratégias metacognitivas e a ênfase na história conceitual da ciência fundamentada na HFC ao contexto de sala de aula (KALMAN e LATTEY, 2018; KENDIG, 2013; ARCHILA, 2015; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015) -, como também, defesas de metodologias de ensino que destacam enfoques da NdC com relações a problemáticas contemporâneas da ciência e/ou controvérsias históricas em relação ao contexto social (exemplo: ALLCHIN, 2014; YACOUBIAN, 2015).

Figura 3- pontos gerais da categoria metodologias de ensino.



Fonte: elaborado pelos autores.

#### 2.1.1.3.5 Enfoques da HFC e a experimentação científica na DdC

Os trabalhos que se aprofundaram em discussões envolvendo a experimentação científica e a HFC deram enfoque ao debate sobre as problemáticas envolvendo as visões dicotômicas entre o campo teórico e o campo empírico da ciência na educação científica e a importância da historicidade da prática científica ao contexto didático (MORENO, 2013; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016). Moreno (2013), em seu artigo que busca compreender e valorizar a natureza prática (experimental) da construção do conhecimento biológico, traz uma densa crítica às interpretações que designam o conhecimento científico como exclusivamente teórico. O autor ainda pontua um conjunto de reflexões sobre a tendência de se valorizar uma visão dicotômica entre o campo teórico e o campo experimental da ciência. Para ele, a utilização de estudos histórico-filosóficos da ciência no ensino e, também, a valorização da natureza prática do conhecimento potencializam concepções mais coerentes da NdC na educação científica.

Observou-se uma forte valorização de discussões que pontuam uma visão dialética entre teoria e experimentação no contexto da Didática das Ciências. Como apontam Chacón, Mosquera e Mejía (2016):

Se configura, así, otra manera de plantear la relación entre la dimensión teórica y la dimensión experimental; el producto de este proceso interactivo de los elementos intervinientes es el resultado de una adaptación recíproca de los métodos y técnicas experimentales y los aspectos teóricos, proceso que no tiene una dirección establecida (CHACÓN; MOSQUERA; MEJÍA, 2016, p. 86).

Chacón, Mosquera e Mejía (2016) enfatizam a função da experimentação para discussões da NdC, bem como discutem questões sobre a construção do conhecimento e o ensino de Ciências. Para os autores, devem-se explorar os aspectos concernentes à necessidade relacional e dinâmica que descrevem o relacionamento entre as teorias científicas e o contexto empírico da ciência ao campo didático. Salienta-se que, apesar de poucos trabalhos se aprofundarem na perspectiva da HFC associada a debates envolvendo a experimentação científica, boa parcela dos trabalhos analisados valorizam a referida compreensão dialética entre o campo teórico e empírico da ciência (por exemplo, MORENO, 2013; CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; GARIK et al., 2015; ACLAND, 2014; HENKE e HÖTTECKE, 2015, ARCHILA, 2015).

#### **2.1.1.3.6 Enfoque da HFC em relação aos currículos de ciência**

Em relação aos enfoques da HFC aos currículos de ciência, observa-se que boa parcela dos artigos apresenta algum apontamento no que se refere, principalmente, aos consensos da NdC explicitada pelos currículos internacionais na literatura. No entanto, os trabalhos que adentram em discussões aprofundadas a essa categoria são de Jenkins (2013) e Galili (2016).

Jenkins (2013) realiza um resgate histórico através de sua revisão da literatura no que tange a inserção da NdC nos currículos científicos do contexto da Inglaterra e, em menor escala, dos Estados Unidos da América (EUA). O autor pontua críticas à visão positivista que se encontra alicerçada nos currículos científicos, de modo a defender discussões fundamentadas em estudos da NdC no currículo de Ciências. Para Jenkins (2013), as importantes reformas educacionais datadas nos anos 50 e 60 ocorreram em um contexto de supervalorização de concepções epistemológicas indutivistas e empiristas da ciência. Além do mais, para o autor, compreensões primárias como o indutivismo e o hipotético-dedutivismo se distanciam das defesas contemporâneas da natureza científica, de modo a se valorizar uma compreensão mais complexa da prática científica. Jenkins (2013) enfatiza a necessidade em se buscar discutir mais os processos dinâmicos que a NdC explicita do que a ênfase retilínea nos resultados ou produtos finais da ciência que o ensino de Ciências tem priorizado.

Em um contexto israelense, Galili (2016) apresenta uma estrutura fundamentada, em grande parcela, na metodologia dos programas investigativos de Imre Lakatos no contexto curricular. A estrutura denominada disciplina-cultura (DC), elaborada pelo autor, explora o potencial didático da História da Ciência no que tange a pluralidade metodológica, bem como as diferentes explicações teóricas para os mesmos fenômenos. Galili (2016) ressalta que a cognição humana possui uma essência naturalmente comparativa no que tange ao processo de estabelecimento e de compreensão do significado de qualquer afirmação. Dessa forma, segundo o autor, tem-se que a explicação que se apoia no mecanismo de comparação demonstra-se relevantemente atraente aos alunos.

Galili (2016) reflete que existe na História da Ciência um cenário de debates científicos que encontram-se imersos em um contexto plural de teorias, ao contrário da imagem unívoca que muitos livros didáticos costumam perpetuar sobre o progresso científico. O autor ressalta que o progresso científico tem forte correlação com a pluralidade metodológica reconhecida pela História da Ciência, como também defende que o método científico se revela por uma perspectiva multifacetada e distante da tendência reducionista ilustrada pela visão positivista da ciência. Galili (2016) também pontua que a pluralidade metodológica explicita a face humana da ciência em valorizar a compreensão dos cientistas como indivíduos que possuem características diferentes.

#### **2.1.1.3.7 Enfoque da HFC ao contexto dos livros didáticos**

Boa parcela dos artigos analisados pontua críticas ao distanciamento dos livros didáticos de Ciências em relação ao aprofundamento de discussões conceituais fundamentadas em critérios da HFC (como exemplos, NIAZ et al., 2013; GERICKE, HAGBERG e JORDE, 2013; GALILI, 2016; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; HENKE e HÖTTECKE, 2015; BERMUDEZ, 2014). Além do mais, Henke e Höttecke (2015) alertam que não se deve ambicionar que, mesmo os materiais didáticos mais elaborados em relação à HFC, venham a substituir a utilização de livros didáticos tradicionais pelos professores. Como sugestão para as novas pesquisas, os autores sugerem que futuras implementações cunhadas pela HFC no ensino, considerem a funcionalidade específica dos livros didáticos como base de diretriz e de recursos de ensino para a perspectiva do professor.

No entanto, salienta-se que apenas os trabalhos de Niaz et al. (2013) e Bermudez (2014) apresentam discussões aprofundadas quanto ao enfoque da HFC ao contexto dos livros

didáticos de ciências. Niaz et al. (2013) avaliam um conjunto de livros didáticos de Física geral no contexto da Coreia. Tais autores criticam a tendência de os livros darem ênfase às teorias científicas apresentadas como fatos e a evitar as possibilidades de reconstruções históricas cunhadas no desenvolvimento de teorias científicas que, muitas vezes, relacionam-se com controvérsias e conflitos dos cientistas no decorrer da História da Ciência. Segundo Niaz et al. (2013), os livros didáticos, tanto de Física como de Química, costumam não trabalhar pontos subjacentes que possuem potencial para fomentar o interesse, a curiosidade e o desenvolvimento do raciocínio conceitual dos alunos. Uma das possíveis causas dessa problemática, segundo os referidos autores, relaciona-se à forte influência de concepções empiristas da ciência em relação à estrutura teórico-metodológica dos livros didáticos. Para Niaz et al. (2013), os livros didáticos tendem a apresentar uma interpretação indutivista e positivista referente à História da Ciência como, por exemplo, a história do modelo atômico de Bohr e as equações de Balmer e Paschen (linhas espectrais do hidrogênio).

Niaz et al. (2013) defendem, ainda, que a inclusão de discussões históricas sobre a estrutura atômica pode contribuir para os alunos em um ensino mais relevante quanto à dinâmica da construção e do desenvolvimento científico. Para os autores, os livros didáticos deveriam abordar as ideias científicas em convergência com o seu desenvolvimento histórico. Nota-se que Niaz utiliza como um dos seus principais referenciais teóricos, em grande parcela dos seus trabalhos, a epistemologia de Imre Lakatos.

Em relação ao contexto da biologia, Bermudez (2014) reflete sobre a dependência dos professores em relação aos livros didáticos, como também pontua que os mesmos vêm sendo objeto de investigação quanto a pesquisas no contexto da educação científica no que tange, em grande parte, aos seus erros conceituais (OCCELLI e VALEIRAS, 2013 apud BERMUDEZ, 2014). O autor pontua, ainda, algumas questões envolvendo as dificuldades e possíveis erros conceituais encontrados em livros de Biologia e discutidos na literatura em relação à HFC com ênfase ao ensino da evolução biológica.

#### **2.1.1.3.8 Autores que são referenciados em relação à Filosofia da Ciência**

Grande parcela dos artigos analisados enfatiza mais os termos NdC, HFC ou formas exemplificativas relacionadas à natureza da prática científica. Além do mais, percebe-se que os artigos não costumam apresentar todos os epistemólogos da ciência, de maneira a darem ênfase a alguns especificamente, quando mencionados. Ressalta-se que a HFC tem se expandido

através de defesas da NdC que contemplam, além das dimensões da História da Ciência e Filosofia da Ciência, as dimensões da Sociologia da Ciência (CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; JENKINS, 2013; ALLCHIN, 2014; SIN, 2014; SANTOS et al., 2014; YACOUBIAN, 2015). Os autores que foram mencionados com relações da Filosofia da Ciência ao contexto da DdC (ver Quadro 2) foram Thomas S. Kuhn, Imre Lakatos, Karl R. Popper, Stephen Toulmin, Gaston Bachelard, Paul Feyerabend, Ian Hacking, Larry Laudan e Bruno Latour.

Thomas Kuhn foi o mais citado entre os autores mencionados, de modo a se explicitar discussões de diversos conceitos de sua epistemologia (holismo semântico, casos exemplares, ciência normal, paradigmas, mudança científica, história do pensamento científico) (como exemplos, ACLAND, 2014, TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; ALLCHIN, 2014; SIN, 2014; GARIK et al., 2015; TSYBULSK, DODICK e CAMHI, 2018; KENDIG, 2013; SANTOS et al., 2014). Em relação a Imre Lakatos, percebe-se a sua inter-relação ao contexto da Didática das Ciências envolvendo as suas reconstruções racionais da História da Ciência (por exemplo, TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015) e pontes teóricas relacionando a metodologia dos programas investigativos e o contexto da educação científica (GALILI, 2016), entre outras relações (KENDIG, 2013; SANTOS et al., 2014). Deve-se pontuar que o trabalho de Niaz et al. (2013) fundamenta-se teórico-metodologicamente, em grande parte, em princípios da epistemologia lakatosiana no que tange aos seus critérios para análise de livros didáticos. Tais autores salientam que, apesar de Lakatos e Kuhn apresentarem muitas opiniões distintas, em relação à estrutura atômica ambos concordam que a maior relevância de Niels Bohr foi utilizar a ideia de quantização no modelo atômico de Rutherford (NIAZ et al., 2013). Já as referências à epistemologia popperiana geralmente explicitam-se através da lógica de conjecturas e refutações, falseacionismo e de discussões conceituais (ACLAND, 2014, BERMUDEZ, 2014; TSYBULSKY, DODICK e CAMHI, 2018; KENDIG, 2013) e à contraposição de Popper em questionar as bases lógicas do método indutivo (BERMUDEZ, 2014; KENDIG, 2013), um dos cernes do positivismo lógico (associado ao Círculo de Viena).

Em relação ao epistemólogo Stephen Toulmin, encontra-se a maioria de suas referências em defesas concernentes ao potencial didático da argumentação no ensino de Ciências (TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015; GARIK et al., 2015). Já sobre a epistemologia bachelardiana, acham-se relações envolvendo o conceito de obstáculo epistemológico relacionado a problemáticas concernentes a questões evolutivas em relação aos processos de ensino e aprendizagem no contexto da Biologia (BERMUDEZ, 2014). Paul Feyerabend foi

citado principalmente em relação ao conceito de incomensurabilidade e a defesa plural envolvendo as metodologias científicas (como exemplos, KALMAN e LATTERY, 2018; KENDIG, 2013). Hacking foi referenciado, em grande parte, por discussões envolvendo o contexto científico e as três atividades humanas (a especulativa, o cálculo e a experimentação) (ACLAND, 2014), a noção dos estilos de raciocínio científico no que tange a defesas relacionadas à historicidade das práticas científicas (MORENO, 2013; ALLCHIN, 2014) e questões reflexivas da epistemologia contemporânea quanto à experimentação no ensino (CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016), entre outras discussões (KENDIG, 2013). Laudan é referenciado em discussões envolvendo a visão plural e multifacetada da NdC, bem como sobre o método científico (JENKINS, 2013). Por último, Latour tem sua referência também relacionada à perspectiva histórica da experimentação e associada a uma ênfase sociocultural da construção do conhecimento científico (CHACÓN, MOSQUERA e MEJÍA, 2016; ALLCHIN, 2014; SIN, 2014; GALILI, 2016).

Quadro 2- relação de autores referenciados pelos artigos quanto a Filosofia da Ciência.

Filósofo/ Artigo	Popper	Lakatos	Feyera- bend	Toulmin	Bachelard	Kuhn	Latour	Laudan	Hacking
Moreno (2013)									X
Kendig (2013)	X	X	X			X			X
Gericke; Hagberg; Jorde (2013)									
Jenkins (2013)								X	
Niaz et al. (2013)		X				X			
Acland (2014)	X					X			X
Santos et al. (2014)		X	X			X			X



Kalman; Lattery (2018)	X	X	X			X			
Bøe; Henriks; Angell (2018)									

Fonte: elaborado pelos autores.

#### 2.1.1.4 Discussões finais

De maneira geral, quanto à categoria referente a importância da HFC no contexto da Didática das Ciências, tem-se um avanço significativo envolvendo a riqueza de discussões levantadas pela linha de investigação da HFC no contexto da DdC, visto a consolidação e o fortalecimento dos estudos da HFC relacionados a educação científica na literatura contemporânea. Ressalta-se que os estudos envolvendo a HFC vêm sendo associados às defesas da alfabetização científica em muitas reformas e políticas educacionais em termos internacionais. Além do mais, evidencia-se uma crescente melhora quanto à aprendizagem conceitual em currículos de ciência que vem adotando a HFC como um elemento estruturante. Ênfases como a modelagem científica, estratégias metacognitivas e a necessidade de um fortalecimento teórico-metodológico quanto à valorização de uma pedagogia científica fundamentada em pressupostos oriundos da HFC apresentam-se como importantes defesas nos artigos analisados. Além, é claro, das críticas relacionadas às concepções simplistas e ultrapassadas do pensamento científico (influenciadas em grande parte pela epistemologia tradicional) ao contexto da educação científica.

Em relação à categoria relacionada à formação docente, evidenciam-se discussões no que tange a problemáticas e potencialidades ao contexto formativo. Observaram-se importantes articulações e discussões em relação à NdC e a formação docente. Existe uma ampla defesa sobre a necessidade de se fomentar propostas didáticas fundamentadas em alicerces da HFC, bem como discussões que valorizem a investigação dos diferentes modelos epistemológicos da ciência ao campo da Didática das Ciências. Há muitas críticas e discussões, sendo que a grande maioria refere-se à carência de aportes em HFC na formação docente, à falta de materiais didáticos que apresentem uma fundamentação consistente nessa área e à necessidade de se fomentar novos enfoques de investigação ao contexto da didática. Muitos autores discutem,

ainda, que grande parcela dos livros didáticos apresenta erros conceituais que transmitem visões deformadas da ciência aos professores e alunos (por exemplo, BERMUDEZ, 2014; TEIXEIRA, FREIRE e GRECA, 2015).

Quanto ao enfoque da HFC ao contexto da aprendizagem científica, salientam-se trabalhos que vêm se utilizando da HFC com potencial didático. Percebem-se importantes relações entre as vertentes construtivista e cognitivista da aprendizagem à HFC. Deve-se pontuar que muitos trabalhos estão fomentando discussões que fortalecem a HFC como importante fundamento teórico-metodológico às problemáticas da aprendizagem científica - um importante exemplo vem a ser o trabalho de Kalman e Lattery (2018).

Já quanto aos enfoques da HFC com relação às metodologias de ensino, cabe ressaltar que boa parcela dos trabalhos vêm utilizando a pluralidade metodológica explicitada pela HC para fundamentar teórico-metodologicamente discussões direcionadas aos contextos de ensino e aprendizagem. De maneira geral, encontram-se importantes paralelos concernentes à NdC e estratégias didáticas ao contexto do ensino de Ciências (exemplo são as controvérsias históricas associadas às questões sócio-científicas).

Quanto aos enfoques da HFC à experimentação científica, tem-se a concepção dialética entre o campo teórico e o campo empírico da ciência e a importância da historicidade da prática científica como importantes defesas dessa categoria. Por outro lado, observam-se críticas quanto à visão dicotômica entre teoria e a prática experimental no contexto da educação científica.

No que tange ao enfoque da HFC aos currículos de ciência, tem-se o trabalho de Jenkins (2013) com uma discussão aprofundada a respeito e as contribuições alicerçadas na HFC do trabalho de Galili (2016) ao contexto curricular, com o objetivo de fomentar perspectivas inovadoras ao currículo de Física.

Sobre o contexto da HFC aos livros didáticos, devem-se pontuar as críticas em relação ao distanciamento dos manuais escolares no que tange ao aprofundamento de discussões conceituais fundamentadas em critérios da HFC. Além da forte influência positivista no que se refere às concepções científicas pelos autores dos livros didáticos pontuadas por Niaz et al. (2013), bem como os erros conceituais explorados por Bermudez (2014) ao contexto da Biologia.

Em relação à categoria que discute os autores referenciados quanto à Filosofia da Ciência no contexto da DdC, observa-se que alguns trabalhos preferem utilizar o conceito de NdC ao invés de se especificar em algum autor determinado da área de Filosofia da Ciência. Salienta-se que a HFC tem se expandido por meio de defesas da NdC que contemplam, além das dimensões da História e Filosofia da Ciência, também as dimensões da Sociologia da Ciência. Além do mais, deve-se pontuar que poucos trabalhos apresentaram discussões aprofundadas em relação aos autores citados no sentido de expandir discussões envolvendo as respectivas ideias epistemológicas.

De acordo com as discussões elencadas no corpo desse artigo, percebe-se que tais trabalhos explicitam muitas necessidades e possibilidades da HFC ao contexto da educação científica. Ressalta-se como importante necessidade o fomento e o desenvolvimento de materiais didáticos fundamentados pela HFC, especialmente no que se refere à formação docente. É claro que o enfoque em relação aos alunos também carece de investigações quanto aos processos de aprendizagem que a HFC pode contribuir; no entanto, grande parcela das dificuldades e limitações se direcionam ao contexto formativo dos professores. E, dessa forma, salienta-se uma efetiva necessidade formativa que pode fomentar potencialidades ao campo da educação científica.

Desse modo, ressalta-se que tais estudos explicitam a relevância de se superar barreiras e limitações condizentes ao cenário da educação científica, influenciada ainda em grande parcela às concepções epistemológicas que remetem ao início do século XX e que se distanciam das concepções contemporâneas da natureza do pensamento científico. Por outro lado, como muitos autores pontuam, as defesas da HFC encontram-se bem articuladas ao contexto da DdC na literatura atual. Tem-se observado um avanço significativo em relação às propostas didáticas embasadas na NdC. No entanto, evidencia-se como uma importante necessidade na literatura que se enfatizem mais estudos que explorem as potencialidades e limitações de propostas didáticas fundamentadas na HFC ao contexto de sala de aula (visto o distanciamento explicitado em relação às defesas teóricas e o contexto empírico), com o intuito de se fomentar novos olhares e perspectivas ao contexto cotidiano do ensino de Ciências.

---

Dando andamento a escrita desta tese, na próxima sub-seção, que será apresentada a seguir, pretende-se trazer algumas relações da referida convergência epistemológica no âmbito da DdC.

## 2.1.2 EXPLORANDO A CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA ENTRE BACHELARD E LAKATOS NO CONTEXTO DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS<sup>3</sup>

*Clareando e fortalecendo as raízes epistêmicas da pesquisa.*

**Resumo:** Este artigo tem como principal objetivo construir e desenvolver uma convergência epistemológica fundamentada em argumentos próprios dos filósofos da ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos, aderente ao contexto da Didática das Ciências. Para tanto, seus autores apresentam relações gerais de tal convergência no contexto didático, de modo a apontar suas potencialidades e as principais relações de cada *natureza* da convergência a uma perspectiva da didática científica. A seguir, são exploradas relações específicas da referida convergência no contexto didático, envolvendo desde a definição de conteúdos científicos no emprego de metodologias de ensino. De modo geral, constata-se que a convergência pode servir tanto como um filtro orientador de cientificidade, visto que se baseia em eixos oriundos do pensamento científico contemporâneo, como é capaz de atuar como um modelo teórico relevante para aproximações envolvendo propostas didáticas. Espera-se, com tais relações argumentativas aqui exploradas, contribuir para novas discussões no contexto da Educação Científica.

**Palavras-chave:** Filosofia da Ciência; História da Ciência; Educação Científica; pensamento científico; aspectos didáticos.

### 2.1.2.1 Introdução

Compreendendo as discussões explicitadas pela literatura que salientam a necessidade em se buscar alternativas de desenvolvimento e qualificação de propostas didáticas fundamentadas na História e Filosofia da Ciência (HFC), no contexto de sala de aula (ARRIASSECQ; GRECA, 2002; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002), este texto tem a pretensão de discutir possibilidades teórico-empíricas entre a HFC e o contexto da Didática das Ciências. Ou, em um sentido mais específico, almeja apresentar a articulação de uma convergência epistemológica envolvendo as ideias e defesas em Ciência propostas pelos filósofos Gaston Bachelard e Imre Lakatos (em relação à historicidade científica) no contexto da Didática das Ciências. Tal convergência epistemológica emerge de relações teóricas envolvendo os olhares histórico-filosóficos de ambos epistemólogos, de modo a contemplar uma defesa da História da Ciência (HC) por uma *natureza dinâmica e evolutiva, natureza dialética, natureza razão objetiva e natureza normatividade* (MACHADO, 2018; MACHADO et al., 2020). Além do mais, cabe valorizar que ambas as epistemologias

---

<sup>3</sup> Esta sub-seção foi submetida para a revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI).

nasceram como fruto da Nova Filosofia da Ciência, como também que ambos epistemólogos caracterizam-se pela vertente racionalista do campo científico.

Em síntese, a convergência epistemológica explicita quatro características da natureza científica que podem ser utilizadas no campo didático para se debater/discutir conceitos científicos pela perspectiva histórico-filosófica da produção do conhecimento.

De modo geral, a *natureza razão objetiva* evidencia-se através da racionalidade explicitada por estes dois filósofos; tais perspectivas filosóficas valorizam, em seu âmago, a HC para fundamentar e desenvolver suas ideias ou conceitos epistemológicos. Por tais filósofos discordarem do entendimento da historicidade científica, influenciada pela epistemologia tradicional, e também se influenciarem pelas discussões do campo científico de suas épocas - principalmente as relacionadas ao contexto da física na primeira metade do século XX - eles foram levados a buscar uma explicação racional para o processo de mudança científica em suas epistemologias. Neste sentido, ambos compreendem, como uma importante premissa desta racionalidade, a existência de uma relação dialética entre a HC e a Filosofia da Ciência, como também se direcionam à ênfase para promover suas discussões considerando o contexto do conhecimento objetivo (LAKATOS, 1999; BACHELARD 1996b). Na perspectiva lakatosiana, encontra-se a *natureza razão objetiva* explicitada pelo método falseacionista sofisticado, ou mais especificamente, em relação ao entendimento lakatosiano referente à necessidade de um processo de amadurecimento teórico-metodológico no campo científico e a sua discussão referente à honestidade intelectual, no sentido de permitir expor-se a momentos de críticas (MACHADO, 2018). Já no entendimento bachelardiano, tal defesa encontra-se na sua compreensão referente aos três estados de formação do espírito científico (LAKATOS, 1999; BACHELARD, 1996a).

Salienta-se que a *natureza razão objetiva* ainda se relaciona quanto às defesas que contemplam uma perspectiva estruturalista e de hierarquia conceitual. Tem-se relações, de modo geral, ao conceito perfil epistemológico e a sua visão hierárquica de doutrinas filosóficas, de modo a contemplar uma concepção de estrutura multiforme e que se direciona a uma perspectiva de evolução conceitual (MORTIMER, 2000; MARTINS, 2006; BACHELARD, 1984). Já em um olhar lakatosiano, percebe-se a *natureza razão objetiva* associada a uma perspectiva estruturalista e de hierarquia conceitual em relação a definição de Lakatos quanto à noção de estrutura dos programas investigativos e as metodologias destes programas investigativos (LAKATOS, 1999).

Quanto à *natureza dinâmica e evolutiva*, ambos compreendem que o conhecimento científico se desenvolve por uma perspectiva mutável (dinâmica) e evolutiva no sentido de estar constantemente transformando ou ressignificando suas “raízes” cognitivas. Tais filósofos defendem esse olhar por compreenderem que a HC denota um tecido espaço-temporal dinâmico que se distancia de uma perspectiva imutável e absoluta das verdades científicas. Na perspectiva lakatosiana, esta *natureza* evidencia-se pela competição entre os programas científicos rivais e a concepção de que o pensamento científico evolui à medida que se valoriza um cenário plural de séries de teorias (ou de programas investigativos) e um constante processo de alteração de problemas progressivos (LAKATOS, 1993). Já na perspectiva bachelardiana, a *natureza dinâmica e evolutiva* explicita-se na discussão envolvendo a superação dos obstáculos epistemológicos (concernente ao tratamento do erro), bem como, em um enfoque mais abrangente de discussão, evidencia-se em sua discussão relacionada à evolução psicológica do pensamento científico (BACHELARD, 1996a).

Já em relação à *natureza dialética*, conforme já foi discutido, tal característica encontra-se enraizada nas principais ideias e discussões de tais filósofos. Para ambos, a *dialética* tem a função de evidenciar que o pensamento científico se desenvolve em um cenário plural de ideias e que o diálogo e o confronto de diferentes perspectivas representam a força propulsora para a evolução da ciência. Este olhar dialético explicita-se no entendimento de que a ciência se produz através da multiplicidade de ideias, conceitos ou teorias e o diálogo e contraste de visões filosóficas diferentes no campo científico (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1984). A *natureza dialética* expõe-se na perspectiva de Lakatos pelo seu entendimento concernente à metodologia dos programas investigativos, principalmente no que tange à heurística positiva (principal promotora dialética de um programa). Já para Bachelard, esta *natureza* explicita-se na sua compreensão de que o pensamento científico deve valorizar o constante diálogo filosófico entre as filosofias contrárias, de modo a se defender uma filosofia plural e aberta para o campo científico (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1984).

Por fim, a *natureza normatividade* reflete o entendimento dos dois filósofos em entenderem a necessidade constante em se buscar avaliar tanto a ciência atual como a HC (LAKATOS, 1993; BACHELARD 1996b). Valoriza-se a noção de que as regras e os critérios explicitados no campo científico representam o conjunto normativo das questões teóricas e empíricas apresentadas pelos cientistas para orientar, padronizar e organizar as

discussões em um determinado recorte histórico. De modo geral, no viés lakatosiano esta *natureza* apresenta-se por um olhar metodológico envolvendo os programas investigativos historiográficos e para Bachelard tal concepção de normatividade advém do seu entendimento quanto à necessidade de se avaliar o conhecimento científico através de uma perspectiva dialética entre a consciência da modernidade e a consciência da historicidade, de modo a considerar como norte da razão a vertente científica mais evoluída da contemporaneidade (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1996a).

De modo a explicitar as produções envolvendo a referida convergência, tem-se a produção dos autores MACHADO et al. (2021), o qual contempla a apresentação do respectivo constructo teórico oriundo da Epistemologia da Ciência. De maneira geral, o processo investigativo que norteou a escrita de tal produção baseou-se no aprofundamento teórico envolvendo obras literárias destes epistemólogos, como também em leituras secundárias. A partir desse trabalho, foram desenvolvidos outros (a exemplo, MACHADO et al., 2017), buscando aproximar a referida convergência epistemológica com a Didática das Ciências. Nestes, fez-se a transposição da convergência para aspectos específicos do Ensino de Ciências, e a aplicação de suas *naturezas* na perspectiva de episódios científicos (MACHADO, 2018). Os resultados ressaltaram a potencialidade desta convergência como lente teórica e orientadora de atividades didáticas de Ciências que objetivam uma aproximação à HFC.

Em síntese, pontua-se que este artigo tem como principal objetivo construir e desenvolver pontes teóricas relacionando a referida convergência epistemológica com a Didática das Ciências. Para tanto, inicialmente será apresentada uma seção contemplando uma discussão que almeja abordar relações gerais da convergência no contexto didático, de modo a apontar suas principais potencialidades. A seguinte seção intenciona explorar relações mais específicas da referida convergência com o contexto didático, de modo especial para definição de conteúdos científicos escolares, fontes de referência, objetivos de avaliação das ideias dos alunos e critérios de elaboração de metodologias de ensino.

### **2.1.2.2 Relações gerais da convergência epistemológica com a Didática das Ciências**

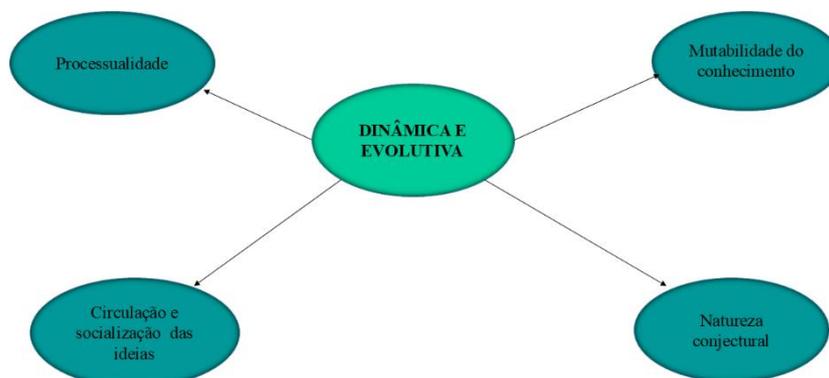
Muitos trabalhos na literatura vêm defendendo a inserção e o desenvolvimento de conteúdos metacientíficos no contexto da Educação Científica (ADÚRIZ-BRAVO, 2001;

CHAMIZO, 2009; MATTHEWS, 2014; PIZZATO, 2010; LOGUERCIO; DEL PINO, 2007; GARIK et al., 2015; SANTOS et al., 2014; GERICKE; HAGBERG; JORDE, 2013; KALMAN; LATTERY, 2018; TSYBULSKY; DODICK; CAMHI, 2018), de modo a se valorizar uma perspectiva processual e dinâmica do pensamento científico no contexto dos debates concernentes aos aspectos de ensino e aprendizagem a ele circunscrito. Observa-se que há uma crescente defesa na literatura na premência de desenvolvimento de propostas didáticas fundamentadas na HFC – como por exemplo o trabalho de Teixeira, Freire e Greca (2015) - como também em expandir discussões que reflitam a HFC em relação: aos critérios avaliativos envolvendo tais propostas; ao cenário de formação de professores - a exemplo o trabalho de Henke e Höttecke (2015); e aos processos relacionados ao ensino e aprendizagem (KALMAN; LATTERY, 2018; MAURÍCIO; VALENTE; CHAGAS, 2017), entre outras perspectivas de debates (MORENO, 2013; GALILI, 2016).

A convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos apresenta como ponto central a natureza epistemológica da História da Ciência definida e defendida por tais filósofos. Estas *naturezas* refletem não só o olhar historiográfico de tais autores, mas se relacionam à compreensão da dinâmica construtiva do próprio pensamento científico. Nesse sentido, verificam-se elementos teóricos-argumentativos, tecituras de ideias, aderentes não apenas à própria Natureza da Ciência (NdC), como também ao contexto da Educação Científica.

Relacionado ao contexto didático (Figura 4), a *natureza dinâmica e evolutiva* da convergência pressupõe uma perspectiva conjectural sobre o entendimento do pensamento científico no contexto de sala de aula. Esta *natureza* relaciona-se intrinsecamente à defesa de que o conhecimento científico está constantemente se modificando e que o seu desenvolvimento necessita ocorrer de modo processual, isto é, em uma perspectiva de longo prazo. Nesse sentido, inferem-se importantes relações com o contexto didático, como, por exemplo, com relação à exploração da mutabilidade das ideias (em uma perspectiva do indivíduo) e à necessidade de fomentar a circulação e socialização dessas ideias (em um viés que contempla a coletividade) no contexto de sala de aula. Trabalhos como Teixeira, Freire e Greca (2015), Archila (2015), Galili (2016), Kalman e Lattery (2018) e Henke e Höttecke (2015) explicitam também uma justificativa referente à perspectiva processual da NdC no contexto da Educação Científica.

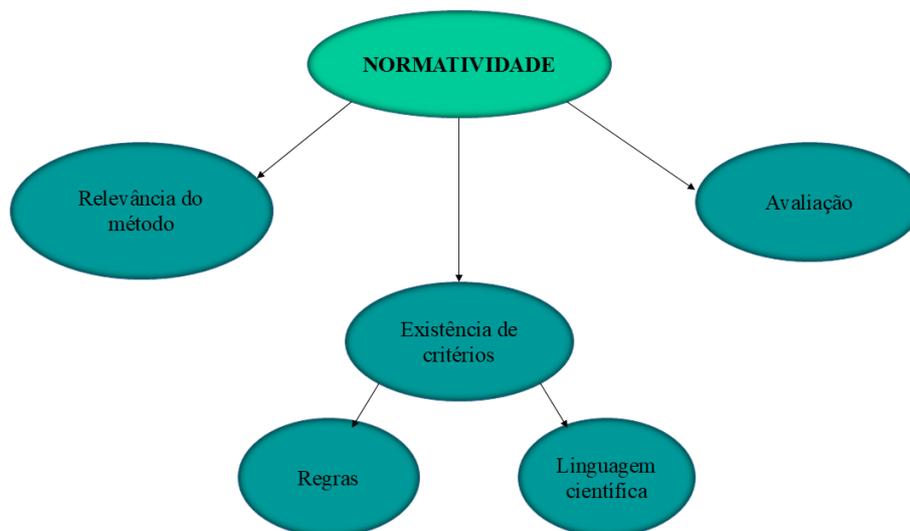
Figura 4 - Relações da *natureza* da convergência *dinâmica e evolutiva* no contexto didático.



Fonte: elaborada pela autora.

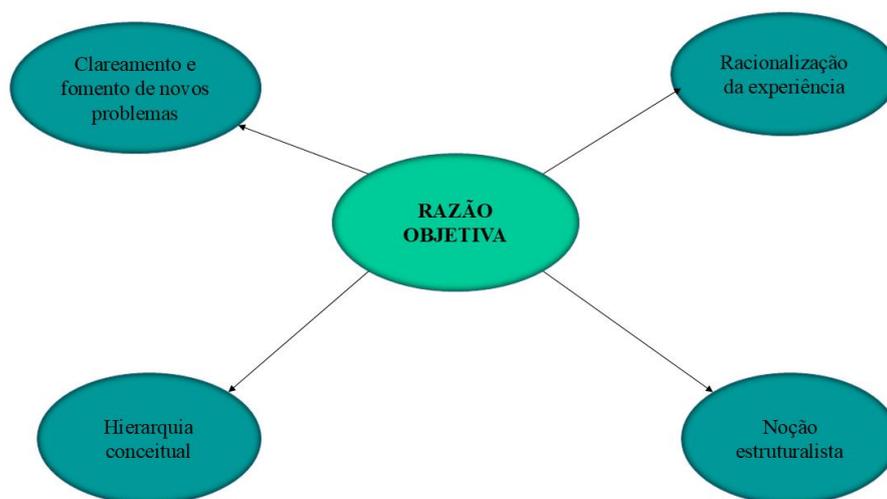
Percebe-se que a *natureza normatividade* relaciona-se com o contexto didático (Figura 5) no que se refere à premência de consideração tanto dos processos de ensino e aprendizagem como da existência de critérios, sejam eles explicitados por regras ou pelo entendimento do uso coerente e consistente da linguagem científica, no contexto de sala de aula. Nesse sentido, entende-se como relevante explicitar, no contexto didático, as regras e critérios adotados pelos cientistas e que evidenciam princípios da natureza científica para o aluno na compreensão da ciência, além de também aproximar o caráter humano da ciência e do contexto das decisões teóricas e metodológicas propostas pelos cientistas às discussões dos conteúdos científicos na sala de aula. De modo geral, a *natureza normatividade* relaciona-se pertinentemente às regras/diretrizes condizentes aos conteúdos científicos e características intrínsecas da NdC ao ensino. Outro relevante aspecto que aproxima a *natureza normatividade* do contexto didático vem a ser a relevância do método entendido por um viés dialético e plural na Educação Científica, isto é, não se restringindo às concepções epistemológicas que defendiam a utilização de um método científico universal cunhado por concepções empírico-indutivistas no Ensino de Ciências.

Figura 5 - Relações da *natureza* da convergência *normatividade* no contexto didático.



Fonte: elaborada pela autora.

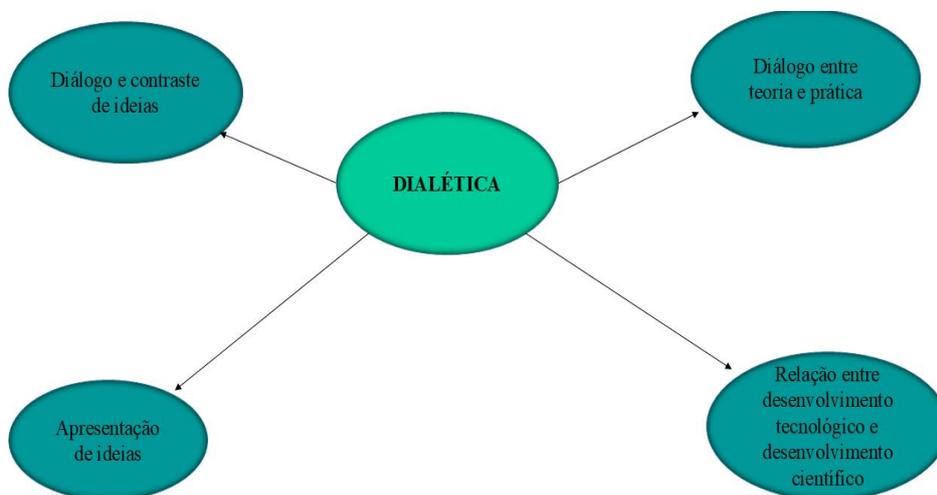
A *natureza razão objetiva*, quando redimensionada ao contexto didático (Figura 6) explicita-se pelo entendimento de que é necessário, em um contexto de práxis docente, o interesse permanente em buscar o clareamento das ideias e o fomento de novos problemas, considerando o viés da relevância didática de discussões pautadas por uma visão que contempla a noção de hierarquia conceitual e estrutural nos delineamentos de propostas didáticas. Além do mais, abriga-se nesse argumento a disposição em desenvolver-se, tanto nos professores como nos alunos, atenção a momentos reflexivos concernentes à racionalização da experiência, de modo a fomentar discussões referentes à teorização/experimentação de/em Ciências por olhares psicológicos e sociológicos, potencialmente explorando-se a riqueza e a diversidade dos fenômenos científicos. À guisa disso, podem ser explorados trabalhos como Chacón, Mosquera e Mejía (2016), Niaz (2011), Chamizo (2009), os quais pontuam associações relevantes quanto à NdC e à experimentação, na perspectiva da Educação Científica.

Figura 6 - Relações da *natureza* da convergência *razão objetiva* no contexto didático.

Fonte: elaborada pela autora.

Em uma perspectiva que pretende relacionar a *natureza dialética* no contexto didático (Figura 7), tem-se como importantes premissas a apresentação de pontos de vista diversos e um contexto plural de debates. De modo geral, a relação dessa *natureza* da convergência à didática norteia-se por estratégias que se fundamentam no constante diálogo entre teoria e prática, no entendimento dialético que envolve o desenvolvimento tecnológico e científico (no que se refere à evolução da história tecnológica), constantes debates e a ênfase em atividades de contraste de ideias. Trabalhos como o de Galili (2016), Tsybulsky, Dodick e Camhi (2018) e Archila (2015) discutem similarmente o potencial didático evidenciado pela pluralidade da História da Ciência em relação à sua diversidade de teorias e métodos transpostos ao campo próprio do ensino.

Figura 7 - Relações da *natureza* da convergência *dialética* no contexto didático.



Fonte: elaborada pela autora.

Na sequência deste artigo se passará a tratar de relações gerais pontuadas, em sentido a algumas questões específicas relacionadas ao campo da Didática das Ciências.

### 2.1.2.3 Relações específicas da convergência epistemológica com a Didática das Ciências

Numerosos trabalhos na literatura pontuam sobre a necessidade de se repensar e fomentar novas ideias no contexto da didática referente à utilização de saberes próprios da HFC pelos professores em sala de aula. Tal questão é apresentada por Henke e Höttecke (2015) quanto à necessidade de se debater os critérios avaliativos da HFC no contexto didático (considerando o eixo de formação docente), entre outras discussões relacionadas. Sendo assim, nesta seção se discutirá as quatro naturezas da convergência em relação a dadas justificativas para seleção de conteúdos científicos escolares (e fontes de referência), objetivos de avaliação das ideias dos alunos e critérios de elaboração de metodologias de ensino, nas particularidades do Ensino de Ciências.

*A convergência epistemológica relacionada à definição dos conteúdos científicos escolares, e fontes de referência*

Em um contexto que articula a convergência epistemológica aqui tratada no que se refere a possíveis critérios para a seleção de conteúdos científicos, tem-se uma relação

envolvendo as quatro *naturezas* da convergência denotando potencial utilidade em atuarem como uma espécie de filtro indicador e orientador de cientificidade, no que tange aos critérios de escolha de conteúdos científicos.

Em relação à *natureza dinâmica e evolutiva*, tem-se que a escolha dos conteúdos científicos deve contemplar as características referentes à natureza conjectural da Ciência, bem como a sua mutabilidade no que se refere à constante retificação e progressivas alterações de problemas científicos.

A *natureza normatividade* se explicita na definição de conteúdos no sentido de buscar valorizar a escolha daqueles que vão ao encontro dos critérios e das regras associadas à natureza do conhecimento científico e à linguagem científica (adequada ao nível cognitivo do aluno).

A *natureza razão objetiva* evidencia-se na seleção de conteúdos científicos que viabilizem relações de que tais discussões conceituais e empíricas devem explicitar a clareza das ideias científicas, como também fomentar a elaboração ou desenvolvimento de novos problemas. Outro aspecto de relevância se dá com o entendimento de escolha de conteúdos que permitem momentos de experimentação/experiências e possibilidades de sua racionalização.

A *natureza dialética* se articula à triagem de conteúdos científicos na acepção de enfatizar a necessidade de se valorizar a pluralidade de ideias e o diálogo entre diferentes perspectivas no desenvolvimento de tais conteúdos. Ou seja, fundamentando-se em tal linha de raciocínio, deve-se priorizar a abordagem de conteúdos científicos que evidenciem a pluralidade de ideias, teorias e métodos, bem como se atenham à compreensão de que a construção do conhecimento científico necessita do constante diálogo entre diferentes perspectivas para se desenvolver.

Quanto às fontes de referência, a *natureza razão objetiva* relaciona-se à priorização daquelas que se referem ao conhecimento científico contemporâneo com o maior grau de corroboração e clareza em relação a sua. Em adendo, a *natureza normatividade* explicita-se pelo entendimento de que é necessário valorizar a presença de critérios de análise no processo de escolha das fontes de referência, de forma a compreender que, ao escolher um critério, estipula-se, ao mesmo tempo, características essenciais da identidade da análise, bem como limites relacionados à discussão dos conteúdos científicos escolares. Além do

mais, percebem-se relações da *natureza dialética* com as fontes de referência, visto compreender-se a necessidade de exploração da pluralidade de teorias e métodos evidenciada pela História da Ciência para contribuir com dadas discussões do contexto escolar. Nesse sentido, vem a ser crucial utilizar fontes de referência plurais, de modo a se explicitar a diversidade histórico-filosófica de ideias e pontos de vista em relação aos conceitos científicos, tomando-os como construídos historicamente. O Quadro 3 apresenta, em uma estrutura de questões, os aspectos discutidos nesta seção do artigo, sob uma perspectiva de síntese estratégica.

Quadro 3 - Síntese envolvendo justificativas para a definição de conteúdos científicos escolares/fontes de referência.

<i>Natureza</i> convergência da	Questões
<i>Normatividade</i>	<p>É possível perceber regras/critérios claros para associar o conteúdo ao conhecimento científico?</p> <p>O conteúdo pode ser associado à linguagem científica (adequada ao nível cognitivo do aluno)?</p>
<i>Razão objetiva</i>	<p>O conteúdo permite esclarecer conceitos científicos estruturantes e estimular a formulação de (novos) problemas?</p> <p>O conteúdo permite o uso de experimentação/experiências e racionalização sobre tal?</p> <p>Dentre as múltiplas fontes de referência, está o conhecimento científico mais corroborado?</p>
<i>Dialética</i>	<p>O conteúdo permite evidenciar uma pluralidade de ideias/teorias/métodos?</p> <p>O conteúdo possui múltiplas fontes de referência?</p>
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	<p>O conteúdo pode ser apresentado como conjectural e provisório?</p>

Fonte: elaborada pela autora.

### *A convergência epistemológica quanto aos objetivos de avaliação das ideias dos alunos*

Em um contexto no qual se articulam as *naturezas* da convergência epistemológica, no que refere aos objetivos de avaliação, tem-se uma relação que se fundamenta em formas avaliativas que sejam processuais, dialéticas (no sentido de priorizar o diálogo de diferentes

perspectivas), comparativas e de contraste. As referidas *naturezas* da convergência podem servir de lentes para analisar as ideias dos alunos nos variados processos avaliativos, sob algumas diretrizes e pressupostos.

A *natureza dinâmica e evolutiva* elucida-se pela necessidade em se verificar a dinamicidade e evolução das relações entre as ideias dos alunos e o novo conhecimento em debate. Contudo, a avaliação deve ter natureza processual e ocorrer a longo prazo, buscando analisar tanto a capacidade preditiva em relação à construção e desenvolvimento de modelos por parte dos alunos como também os processos que desencadeiam as explicações de anomalias e o tratamento do erro.

A *natureza normatividade* explicita-se na necessidade em se perceber a adoção de normatividade nas concepções científicas dos estudantes, buscando analisar a utilização coerente das regras (exemplo, a linguagem científica) que norteiam tanto as discussões científicas em relação aos conteúdos trabalhados, bem como em relação às diretrizes concernentes à natureza construtiva do pensamento científico. Considera-se que, no processo avaliativo, é imprescindível respeitar os níveis de formulação de conteúdo e o estágio de desenvolvimento cognitivo dos estudantes, tendo em vista os conteúdos científicos e as discussões a eles circunscritas, com relação à NdC.

A *natureza razão objetiva* se relaciona à necessidade de se verificar a clareza, consistência e coerência no que se refere às relações concernentes às ideias dos alunos e às discussões postas em sala de aula, bem como em atividades avaliativas. Nesse sentido, almeja-se analisar o grau de precisão das ideias dos alunos (de acordo com a identificação e eliminação do erro), como também as suas características regressivas ou progressivas em relação às conexões com o novo saber produzido. Enfatiza-se, ainda, a necessidade em se avaliar a capacidade de racionalização da experiência por parte dos alunos.

A *natureza dialética* relaciona-se ao objetivo avaliativo, no sentido de permitir a explicitação das diferentes ideias dos alunos no que tange os conteúdos científicos, bem como verificar os processos de comparação e contraste envolvendo as ideias dos alunos e o novo conhecimento em debate. Percebe-se como pertinente aqui a avaliação das ideias dos alunos, contemplando um cenário de constante diálogo entre diferentes perspectivas e utilizando métodos de comparação, contraste, confrontação de ideias para refletir e pontuar o nível de consistência e coerência de tais discussões. O Quadro 4 apresenta, em uma estrutura de questões, os aspectos discutidos nesta seção do artigo.

Quadro 4 - Síntese envolvendo os objetivos de avaliação das ideias dos alunos.

<i>Natureza da convergência</i>	Questões
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	<p>O processo avaliativo é tomado em múltiplos momentos do percurso formativo?</p> <p>A avaliação compara as ideias dos alunos com o conhecimento científico e também com as ideias anteriores?</p> <p>A avaliação permite identificar a capacidade preditiva do estudante em relação ao conteúdo estudado?</p>
<i>Dialética</i>	<p>A avaliação permite explicitar diferentes visões dos estudantes em relação aos conteúdos?</p> <p>O processo avaliativo utiliza questões de comparação, contraste de ideias para avaliação da aprendizagem do estudante?</p>
<i>Normatividade</i>	<p>No processo avaliativo é analisada a utilização coerente de regras (por exemplo, linguagem científica) pelos estudantes?</p> <p>No processo avaliativo é analisada a utilização coerente de regras (por exemplo, método científico, formulação de hipótese, busca por evidência empírica) pelos estudantes?</p>
<i>Razão objetiva</i>	<p>A precisão das ideias é considerada como critério de avaliação?</p> <p>A avaliação permite verificar a progressividade ou regressividade das ideias dos estudantes?</p> <p>A avaliação permite verificar a capacidade de racionalização da experiência por parte do estudante?</p>

Fonte: elaborada pela autora.

### *A convergência epistemológica relacionada aos critérios de elaboração da metodologia de ensino*

De modo ampliado, para o planejamento das aulas, compreende-se como relevante referências à História da Ciência de forma constante e contínua, pois se aceita como imperativo desenvolver-se junto aos estudantes percepções quanto à natureza dinâmica e evolutiva da Ciência - a exemplo de Galili (2016). É pertinente oportunizar aos estudantes experiências dialéticas em que eles contrastem ideias, sendo as ideias deles entre si, as deles com o pensamento antigo e novo, bem como as deles com outras fontes de conhecimento.

Ao mesmo tempo, tem-se a compreensão de preparar uma aula que evidencie o quanto a Ciência é normativa, de modo a explicitar uma fala que integre as regras e a linguagem científica que norteiam a construção do pensamento conjectural científico. Seguindo essa linha de raciocínio, tem-se a preocupação em se explicitar com clareza as ideias e discussões dos conteúdos científicos, de modo a organizar e evidenciar uma hierarquia conceitual dos eixos estruturantes da aula, bem como fomentar a construção de problemas motivada por perguntas, capazes de inspirarem novas perguntas. Nesse sentido, a racionalização da experiência apresenta o intuito de evoluir abstratamente o tamanho do mundo do aluno no sentido de valorizar suas capacidades de criação e imaginação em relação ao contexto científico. Tem-se, com isso, a intenção de fortalecer e aprofundar as lentes cognitivas dos discentes em relação ao conhecimento científico em suas variadas perspectivas.

O Quadro 5 apresenta, em forma de questões, os aspectos discutidos nessa seção do artigo.

Quadro 5 - Critérios para elaboração da metodologia de ensino (ME).

<i>Natureza da convergência</i>	Perguntas
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	A ME considera a História da Ciência?
<i>Dialética</i>	A ME considera o contraste de ideias? - próprias (antigas e novas) - dos outros - de outras fontes
<i>Normatividade</i>	A ME explicita as regras e a linguagem científica (adequada ao nível cognitivo do estudante)?
<i>Razão objetiva</i>	A ME permite organizar hierarquicamente os conceitos/princípios? A ME se utiliza de questões? A ME permite formular novas questões? A ME exige (ou permite) a racionalização da experiência?

Fonte: elaborada pela autora.

Quanto ao papel do professor, infere-se um posicionamento ativo, entendido tanto como um selecionador de propostas para capacitar seus alunos a trabalhar de modo comparativo, contrastando os conhecimentos prévios com novos, como também se espera desse ator um

posicionamento que promova a “desilusão” do conhecimento primeiro do aluno. Em relação à perspectiva do aluno, compreende-se o papel ativo do discente como um construtor e modelador de conhecimento - tal postura se associa ao entendimento de Kalman e Lattery (2018). Nesse enfoque, as ideias e os interesses dos alunos devem ser utilizados com o objetivo de compará-las, confrontá-las, contrastá-las, dialogá-las e evoluí-las continuamente.

Propõe-se que se inicie a sequência metodológica priorizando atividades que explicitem as ideias próprias dos discentes, de modo individual e coletivo. Utiliza-se, para tal julgamento, de uma perspectiva que enfatiza um enredo histórico-filosófico para emersão de problemas científicos no contexto da sala de aula.

De modo geral, as atividades desenvolvidas seriam de explicitação das ideias dos alunos, de confrontação, de comparação, de contraste, de resignificação e de abstração. O Quadro 6 apresenta uma estrutura didática<sup>4</sup> fundamentada na referida convergência epistemológica.

Quadro 6 – Exposição envolvendo a estrutura didática da convergência epistemológica.

<p>Estrutura didática pretendida às aulas</p> <p>1- Atividade de explicitação do conhecimento prévio (atividade individual).</p> <p>Objetivos: identificar núcleo firme e hipóteses auxiliares das ideias/obstáculos epistemológicos (tomada de consciência).</p> <p>2- Exposição das ideias para pequeno/grande grupo (atividade coletiva).</p> <p>Objetivo: conhecer uma diversidade de ideias sobre o tema.</p> <p>3- Atividades de confrontação de ideias com uso de episódios da ciência.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análise de ideias rivais;</li> <li>➤ Análise de anomalias e obstáculos epistemológicos na História da Ciência;</li> <li>➤ Apresentação de resultados experimentais contraintuitivos;</li> <li>➤ Debates;</li> </ul> <p>Discussão de características da natureza científica na História da Ciência.</p> <p>Objetivos: realizar tomada de consciência dos erros dos conhecimentos prévios e “verificar” a coerência e a consistência das ideias.</p> <p>4- Debate e sistematização.</p> <p>5- Retorno e reformulação dos conhecimentos prévios.</p>
---

<sup>4</sup> Estrutura didática planejada considerando uma perspectiva abrangente, envolvendo as articulações entre tais epistemologias na convergência.

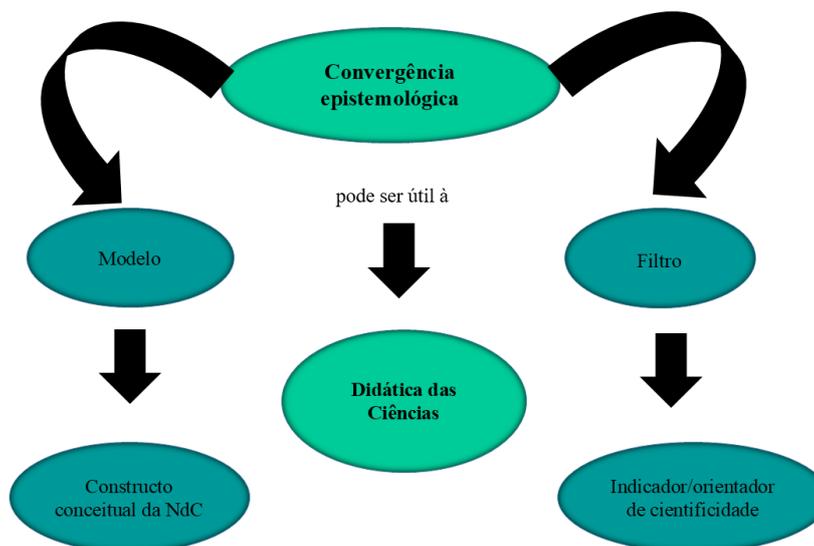
Objetivos: eliminar os erros (inconsistências, tendo-se como base determinados elementos normatizadores da Ciência), retificar os erros e acrescentar novas ideias de forma a melhorar a consistência dos próprios conhecimentos.

Fonte: elaborada pela autora.

#### **2.1.2.4 Considerações finais**

Tendo como subsídio as discussões elencadas neste artigo, compreende-se como relevante a inserção dessa convergência epistemológica em discussões direcionadas ao referido contexto, pois se nota sua contribuição evidente para o campo da DdC, com o oferecimento de novas perspectivas teórico-metodológicas. Como já salientado, a convergência epistemológica é fruto da interface de ideias de dois importantes filósofos da Ciência – Bachelard e Lakatos – partindo da natureza epistemológica da História da Ciência. Essa relacionalidade é explicitada, em essência, por meio de suas quatro *naturezas* principais, as quais remetem às características intrínsecas do pensamento científico contemporâneo, e evidencia uma importante gama de possibilidades ao campo da DdC. Tem-se, com isso, que a convergência aqui tratada pode servir tanto como um filtro indicador e orientador de cientificidade, visto que se baseia em eixos oriundos do pensamento científico contemporâneo (podendo ser usada para a análise de episódios em Ciência, documentos orientadores, entre outros), como pode representar emprego como um modelo teórico relevante para aproximações envolvendo propostas didáticas. A Figura 8 apresenta um breve esquema conceitual, com compromisso de ilustração da referida discussão.

Figura 8 - Esquema conceitual ilustrando sucintamente possibilidades da aplicação da convergência epistemológica na DdC.



Fonte: elaborada pela autora.

Seguindo tal linha de raciocínio, defende-se que a convergência epistemológica explicita o diálogo entre dois epistemólogos da Ciência, e se fundamenta em uma perspectiva dialética entre História da Ciência e Filosofia da Ciência, na composição de suas principais ideias estruturantes. Nesse sentido, promover discussões articuladas entre tais filósofos ao campo didático possibilita um olhar sobre os conteúdos científicos que se relaciona à perspectiva histórico-filosófica do pensamento científico. As quatro *naturezas* da referida convergência são oriundas de concepções da natureza construtiva contemporânea do pensamento científico, as quais têm raízes na vertente epistemológica racionalista da filosofia científica e que, segundo os autores deste artigo, apresentam importantes potencialidades de exploração a fim de qualificar o contexto da Didática das Ciências.

Tais *naturezas* da convergência têm o potencial de dar sustentação teórico-metodológica a propostas didáticas para o Ensino de Ciências, no que se refere à prática docente, além de contribuir para a aprendizagem de conteúdos científicos e aspectos relacionados à NdC pelos alunos. De modo geral, pode-se compreendê-las, em tese, como princípios norteadores para fundamentar estratégias didáticas - a exemplo de trabalhos como Teixeira, Freire e Greca (2015), Archila (2015), Galili (2016), Kalman e Lattery (2018) - fundamentadas, naturalmente, na HFC a partir da referida convergência, além de subsidiar bases teórico-metodológicas a fim de orientar propostas didáticas para o ensino.

Por fim, este artigo objetivou discutir e apresentar algumas relações da referida convergência epistemológica para o contexto didático, de modo a fomentar novas discussões e debates no contexto da Educação Científica, bem como instaurar discussões que propiciem a incitação de pontes teóricas entre o contexto da História e Epistemologia da Ciência e o campo da Didática das Ciências.

---

Dando andamento a escrita desta tese e considerando os argumentos expostos, tem-se a intenção de apresentar três estratégias didáticas, sendo duas de análise de episódios científicos e uma de análise de proposta didática. Pontua-se que a primeira estratégia didática, que será apresentada, trará tanto a exposição da referida estratégia didática, como uma análise de um episódio selecionado nesta pesquisa, aplicando tal estratégia. Já as outras duas serão apresentadas sem a exposição de suas aplicações concretas.

## 2.2 As estratégias didáticas da pesquisa.

### 2.2.1 ANÁLISE EPISTEMOLÓGICA DE EPISÓDIOS CIENTÍFICOS: UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA FUNDAMENTADA NAS CONVERGÊNCIAS ENTRE ARGUMENTOS DE BACHELARD E LAKATOS<sup>5</sup>

*Compreendendo algumas diferentes lentes cognitivas quanto às possíveis narrativas da História da Ciência*

(autora)

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo apresentar uma estratégia de análise de episódios científicos fundamentada em uma convergência epistemológica envolvendo os filósofos da Ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos quanto à natureza epistemológica da História da Ciência. A partir dos critérios de análise apresentados previamente, construiu-se um roteiro de análise para Episódios Científicos. A fim de verificar sua usabilidade, tal roteiro foi aplicado a um episódio apresentado em um artigo publicado em periódico em língua portuguesa. O artigo selecionado, *Controvérsias sobre o atomismo no século XIX*, de Oki (2009), tem como pretensão relatar a História como repleta de controvérsias no campo científico, tendo como pano de fundo o surgimento e o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton. Todos os excertos foram selecionados separadamente por cada autor deste trabalho e, posteriormente, as classificações dadas individualmente foram comparadas e discutidas por toda a equipe, em um processo descrito por Denzin (1988) como *triangulação de pesquisadores*. Após análise, observou-se que a identificação de algumas categorias necessitou de um olhar mais amplo e sistêmico sobre a narrativa do episódio, não se restringindo a um único recorte textual, como foi o caso da *perspectiva processual*. Considera-se que a estratégia proposta pode ser aplicada a diversas formas de narrativas da História da Ciência, bem como, em perspectivas didático-pedagógicas, possibilita ao estudante compreensões múltiplas acerca da Natureza da Ciência na História da Ciência (no sentido de ressaltar as características da natureza científica em narrativas da História da Ciência).

**Palavras-chave:** Estratégia didática; análise de episódios; convergência epistemológica; História da Ciência; Filosofia da Ciência.

#### 2.2.1.1 Introdução

Há algumas décadas vem se fortalecendo o entendimento de que para aprender ciências é de grande relevância compreender sua natureza (MATTHEWS, 1995; GIL-PÉREZ, 1993; ADÚRIZ-BRAVO, 2001; ARRIASSECQ; GRECA, 2002; OKI; MORADILLO, 2008; NIAZ, 2011; TEIXEIRA; FREIRE JR; GRECA, 2015; PIZZATO, 2010; LOGUERCIO; DEL PINO, 2007). Muitos estudos vêm buscando, além de aproximar estas duas áreas de pesquisa (pressupostos pedagógicos do ensino/aprendizagem e Epistemologia da Ciência), fomentar discussões empíricas ilustradas a partir de propostas didáticas fundamentadas sob conjunturas

---

<sup>5</sup> Este artigo encontra-se em estágio de finalização para ser encaminhado para uma revista da referida área de pesquisa.

próprias da História e Filosofia da Ciência (HFC) (GARIK et al, 2015; HENKE; HÖTTECKE, 2015; KALMAN; LATTERY, 2018; GALILI, 2016; ALLCHIN, 2014; CHAMIZO, 2009).

Em perspectiva de materialidade, um importante instrumento didático vem a ser os Episódios Científicos, os quais têm se mostrado, nas últimas décadas, como um valioso recurso de qualificação às abordagens circunscritas a conteúdos científicos, como também em vieses de aspectos da História e Filosofia da Ciência no contexto do Ensino de Ciências (CHACÓN; MOSQUERA; MEJÍA, 2016; FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017; SILVA; MOURA, 2008).

Os Episódios Científicos, por abordarem pluralmente a discussão de olhares epistemológicos da ciência, explicitam reflexões quanto à natureza científica, de modo a possibilitar o desenvolvimento de uma imagem mais autêntica do trabalho científico no contexto do Ensino de Ciências (SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Além disso, a utilização destes instrumentos possibilita a identificação e consequente discussão de visões deturpadas do pensamento científico, bem como os erros conceituais influenciados por visões epistemológicas ultrapassadas (FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017). Outro ponto de destaque refere-se a *como* as concepções da História da Ciência, em relação aos conceitos científicos, denotam uma perspectiva que compreende a dinamicidade existente no campo científico, bem como a singularidade de entendimento do contexto histórico e filosófico nos quais tais ideias, teorias e métodos são construídos, desenvolvidos e, muitas vezes, transformados no percurso temporal.

Hygino, Souza e Linhares (2013) salientam que, entre as articulações envolvendo a História da Ciência no ensino, os episódios científicos têm representado uma das maiores ênfases de investigações na literatura. Como defende Silva e Moura (2008) quanto à inserção da Natureza da Ciência (NdC) no contexto de ensino, “[...] o estudo de episódios particulares da história da ciência pode fornecer subsídios para a discussão de aspectos da NdC em sala de aula, uma vez que oferece uma visão mais profunda e detalhada do processo de construção do conhecimento científico” (p. 1602-1). Exemplos de episódios são a *História da descoberta do DNA*, *Michael Faraday e os estudos envolvendo o eletromagnetismo*, *As concepções pré-atômísticas e atômísticas da matéria na Grécia Antiga*, *O conceito de entropia e a história da termodinâmica*, dentre muitos outros.

Um modo de potencializar o uso didático de Episódios Científicos é agregar um instrumento analítico sobre a NdC. Nesse contexto, um instrumento comprometido ao

desenvolvimento argumentativo em vias da NdC, para análise de Episódios Científicos, possibilita um olhar apurado sobre as reconstruções históricas do pensamento científico quanto às suas características epistemológicas. Ademais, a análise de Episódios Científicos por esse viés possibilita uma valorização da perspectiva histórico-filosófica dos conceitos científicos, além de contribuir para elucidar aspectos estruturantes da natureza científica sobre a dinâmica construtiva das ideias que a fomentam.

Desse modo, compreendendo a relevância dos episódios históricos para o contexto da aprendizagem de ciências, enfatiza-se a necessidade de se articular análises de episódios históricos fundamentadas na HFC. Considerando o exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma *Estratégia Didática Analítica Discursiva de Episódios*<sup>6</sup> fundamentada em uma convergência epistemológica, envolvendo argumentações dos filósofos da ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos quanto à natureza epistemológica da História da Ciência. Cabe menção de que a seleção destes autores se deu pela relevância dada por eles à História da Ciência como elemento estruturante de suas principais discussões epistemológicas do pensamento científico (MACHADO, 2018).

#### **2.2.1.2 *Estratégia Didática Analítica Discursiva de Episódios fundamentada na convergência epistemológica***

A convergência epistemológica entre argumentos de Bachelard e Lakatos apresenta quatro principais constituintes, os quais descrevem sua compreensão da História da Ciência por uma perspectiva epistemológica. Tais elementos estruturantes são denominados *natureza dinâmica e evolutiva, natureza dialética, natureza razão objetiva e natureza normatividade*, e evidenciam algumas importantes adequações didáticas por serem oriundos de um constructo teórico fundamentado em ideias originárias da Epistemologia da Ciência contemporânea. De modo geral, tais eixos teóricos emergentes desta classificação, por se fundamentarem em características da natureza do pensamento científico, pretendem elucidar, no contexto da educação científica, a funcionalidade de orientação quanto aos princípios da natureza científica aplicados à produção e análise de materiais didáticos.

Em relação aos Episódios Científicos, cabe pontuar que estes têm se mostrado importantes instrumentos didáticos à reflexão acerca da HFC no contexto do Ensino de Ciências nas últimas décadas (ALLCHIN, 2010; FORATO, 2009; MARTINS, 2006; HYGINO;

---

<sup>6</sup> Esta estratégia também será chamada, nesta tese, como *Estratégia Discursiva de Episódios*.

SOUZA; LINHARES, 2013). Além do mais, quanto à estratégia analítica, cada natureza da convergência explicita critérios que representam características do pensamento científico que podem elucidar aspectos da NdC e fomentar articulações entre esta e o Ensino de Ciências, em suas perspectivas didáticas e pedagógicas. Tais critérios propiciam a compreensão e a explicitação de aspectos do pensamento científico que podem ser relevantes ao contexto do ensino e aprendizagem das ciências, de modo a se valorizar uma imagem mais coerente do pensamento científico em tal contexto de intervenções.

Em maior minudência, por *natureza dinâmica e evolutiva* da convergência epistemológica entende-se que a Ciência se encontra em constante transformação, como nos olhares de Lakatos e Bachelard, no sentido da perspectiva da competição entre programas científicos rivais e da necessidade de constante retificação do conhecimento anterior, respectivamente. Em vista à *natureza dialética*, baseia-se no racionalismo dialético de Bachelard (envolvendo o diálogo filosófico que contempla a necessidade da dupla certeza entre o real científico e os argumentos racionais) e o critério de progressão racional de Lakatos, evidenciado por sua principal base dialética, que vem a ser a heurística positiva dos programas investigativos. Em contexturas da *natureza razão objetiva*, guia-se pelo viés lakatosiano envolvendo o falseacionismo metodológico sofisticado em sua compreensão, abrangendo a premência do amadurecimento teórico-metodológico dos programas científicos (evidenciada pela tenacidade entre as teorias científicas e o desenvolvimento dos cinturões protetores). Já em relação ao viés bachelardiano, fundamenta-se nos três estados de formação do espírito científico e no entendimento de um constante questionar das ideias. Por fim, em *natureza normatividade* da convergência epistemológica, estrutura-se sua origem na relação que envolve a consciência da historicidade e a consciência da modernidade no olhar bachelardiano e, em um viés lakatosiano, tal perspectiva evidencia-se pela concepção normativa da metodologia de programas historiográficos da Ciência.

A seguir, apresentam-se os principais critérios de análise fundamentados nos respectivos elementos da convergência epistemológica.

a) *natureza dinâmica e evolutiva*

- *perspectiva conjectural*: associa-se à visão dinâmica e evolutiva no sentido de não se legitimar a compreensão das teorias científicas como verdades absolutas e imutáveis. Defender esse olhar conjectural também engloba a relevância das incertezas no processo de construção das ideias, teorias e experiências científicas.

*-perspectiva mutável:* reflete o entendimento de que o conhecimento científico se encontra em constante transformação e suscetível a contrapontos, visto que se compreende a existência da limitação do conhecimento produzido pelas “lentes cognitivas humanas” e a permanente necessidade de se retificar o conhecimento socialmente/culturalmente construído. Essa perspectiva mutável associa-se também ao processo de ressignificação de ideias, conceitos e teorias, realizada pelos cientistas em diferentes períodos históricos.

*-tratamento de anomalias/obstáculos:* torna-se relevante por ser considerado necessário ao processo de desenvolvimento do pensamento científico. Na forma de explicação de anomalias, proporciona o surgimento de teorias que buscam explicar pontos que outras teorias científicas foram incapazes em determinada época, potencializando, dessa forma, o desenvolvimento do pensamento científico. Como elemento argumentativo, na superação de obstáculos epistemológicos, propicia condições para a transformação e o desenvolvimento da Ciência.

*-perspectiva processual:* relaciona-se intrinsecamente à defesa de que o conhecimento científico, dinamicamente, se modifica, e que seu desenvolvimento necessita ocorrer em uma perspectiva de longo prazo. Além do mais, compreende-se que a dinâmica construtiva do pensamento científico não ocorre de modo unicamente linear e cumulativo, mas se desenvolve por momentos de rupturas e descontinuidades, assim como se entende a relevância de períodos de amadurecimento teórico-metodológico no campo científico.

*-circulação de ideias científicas e socialização na comunidade científica:* se relacionam à visão dinâmica e evolutiva como fatores condicionantes para que o conhecimento científico seja expandido (submetendo-se a novos olhares), bem como publicizado à comunidade científica. Em outros termos, busca-se identificar se as ideias e trabalhos dos cientistas circularam (foram publicadas e discutidas) e se houve momentos de socialização entre tais trabalhos/ideias científicas na comunidade científica.

#### b) natureza dialética

*-apresentação de ideias:* compreende-se este princípio como característica essencial do olhar dialético, visto que, para ocorrer um processo dialético, faz-se necessária a apresentação de um contexto plural de teorias e métodos.

*-diálogo e contraste de ideias:* firma-se no entendimento dialético de que o pensamento científico se desenvolve em uma constante confrontação e debate de ideias. Desse modo, evidencia-se a necessidade de dialogar pontos de vista distintos, compará-los e contrastá-los

com o intuito de desenvolver e qualificar o pensamento científico. Esta perspectiva dialética envolve tanto o diálogo e/ou contraste interno (cognitivo) do cientista em relação ao questionamento de suas ideias e teorias, como também pode direcionar-se a um processo de diálogo e/ou contraste por uma perspectiva coletiva, que envolve os cientistas na comunidade científica em um único período histórico.

*-diálogo entre o campo teórico e o campo empírico:* relaciona-se, similarmente, à visão dialética, pois tem-se aqui a compreensão de que tanto o campo teórico (hipóteses, teorias, ideias, ...) como o campo empírico (experimentos, uso de instrumentos, criação, produção e aplicação de equipamentos, ...) necessitam dialogar entre si, a fim de que emane o desenvolvimento científico com integralidade.

*-visão interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico:* evidencia o entendimento dialético do pensamento científico, no sentido de que, no momento em que ocorre dado desenvolvimento tecnológico (a sofisticação de alteração do uso da balança comum para a balança analítica, por exemplo) propiciam-se novos olhares para aprofundamento e investigação no campo científico, e vice-versa.

### c) natureza razão objetiva

*-esforço dos cientistas em desenvolver clareza das ideias e dos problemas no campo científico:* tais empreendimentos relacionam-se à razão objetiva, visto a compreensão de que é necessário, para a dinâmica construtiva do pensamento científico, delinear os critérios de demarcação das ideias, em prol de sucesso na ação de elencar os problemas científicos, no sentido de explicitar o esforço dos cientistas para se clarear as ideias e problemas trabalhados em tal recorte histórico-temporal.

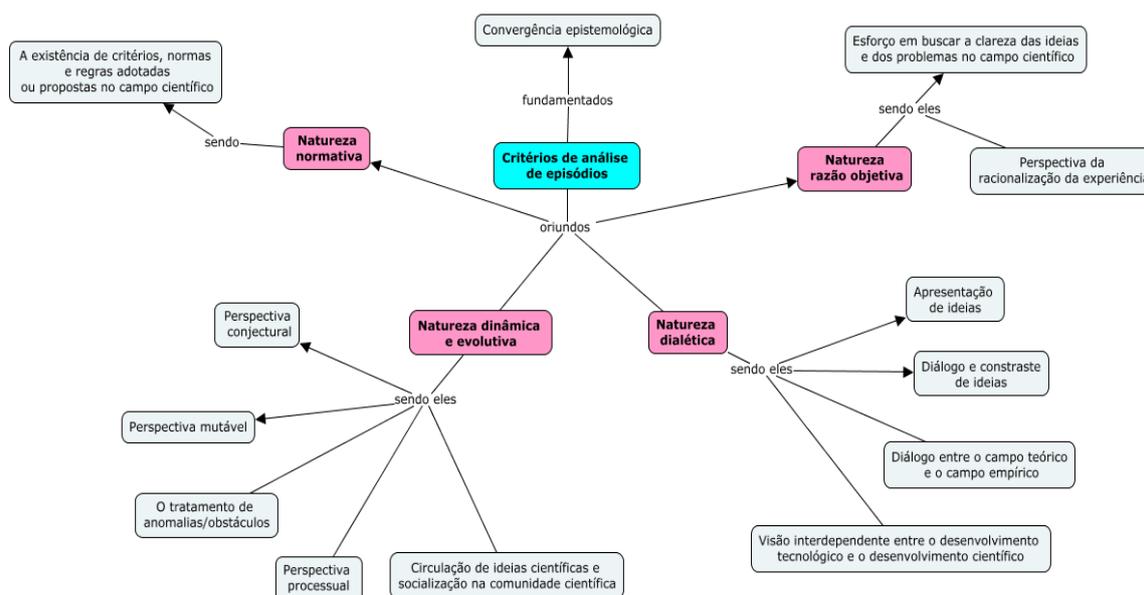
*-perspectiva da racionalização da experiência:* a racionalização da experiência se dá pelo entendimento de que o campo empírico norteia-se pelo eixo da razão, evidenciado pelo contexto teórico no qual se discute tal experiência. Tem-se também que, sobre a experiência, racionalizam-se discussões de modo a ampliar a visão de mundo dos cientistas. Nesta perspectiva, a lente teórica que se utiliza para discutir uma experiência científica guia o olhar do pesquisador no desenvolvimento das discussões empíricas, assim como as próprias discussões empíricas podem gerar novas racionalizações (discussões teóricas) no campo científico.

d) *natureza normatividade*

-*critérios, normas e regras adotadas, ou propostas, no campo científico*: referem-se à visão normativa no sentido de representarem ferramentas de avaliação, padronização e orientação do conhecimento científico produzido em dada época. Nesse sentido, valoriza-se o entendimento de que as regras e os critérios explicitados no campo científico representam o conjunto normativo das questões teóricas e empíricas apresentadas pelos cientistas a fim de orientar, padronizar e organizar as discussões em um determinado recorte histórico.

Por meio da Figura 9, busca-se apresentar uma síntese envolvendo os critérios de análise supracitados, caracterizando esta ideia como elemento aglutinador.

Figura 9 - Esquema-síntese dos critérios de análise.



Fonte: elaborada pela autora.

### 2.2.1.3 Discussão dos delineamentos metodológicos

A partir dos critérios de análise apresentados e discutidos, construiu-se um roteiro de análise para Episódios Científicos (Quadro 7). A fim de avaliar sua usabilidade, este instrumento foi aplicado a um episódio apresentado em um artigo publicado em periódico em língua portuguesa (Revista Química Nova). O artigo escolhido - “Controvérsias sobre o atomismo no século XIX”, de Oki (2009) - tem como pretensão relatar a história, abundante em controvérsias no campo científico, no surgimento e desenvolvimento da teoria atômica de Dalton. Este episódio pontua não apenas as dificuldades da comunidade científica em aceitar a cientificidade da teoria atômica, como também explicita um cenário repleto de controvérsias

científicas e concepções filosóficas que representaram, de certa forma, obstáculos epistemológicos no desenvolvimento de importantes aspectos estruturantes da Química. Além do mais, a autora valoriza, na sua escrita, a ênfase em pontos de convergência e de divergência em relação ao processo de desenvolvimento daquela teoria atômica na comunidade científica do século XIX; dentre outras argumentações circunscritas.

A seleção do referido artigo, para a presente análise, relaciona-se, primeiramente, com a relevância deste Episódio Científico como um momento marcante da HC, o qual contribuiu para a construção de significativas bases estruturais que identificam o pensamento químico na contemporaneidade. Tal episódio apresenta-se como um capítulo de destaque nos movimentos de construção do pensamento químico, o qual desencadeou uma multiplicidade de olhares ímpares na comunidade científica e os diversos enredos teóricos e empíricos que levaram ao processo de aceitação e corroboração do programa atomista, aceito hodiernamente. Além disso, o processo de triagem daquele artigo também se deveu a ele estar publicado em uma revista de reconhecida excelência pela comunidade acadêmica. E, ainda, por ser aderente à linha de pesquisa investigada e desenvolvida em um Programa de Doutorado pela primeira autora deste artigo.

As unidades de análise foram identificadas segundo códigos de localização presentes no texto, o qual está disponível, em formato pdf, em <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400043>, de acordo com a numeração de parágrafo<sup>7</sup>/linhas e página do artigo. As citações diretas da autora também foram numeradas como parágrafos. Observa-se, ainda, que não foram considerados como parágrafos aqueles que iniciam na página que os antecedem.

Todos os trechos foram selecionados isoladamente por cada autor deste trabalho e, posteriormente, as classificações dadas individualmente foram comparadas e discutidas por toda a equipe<sup>8</sup>, em um processo descrito por Denzin (1988) como *triangulação de pesquisadores*.

O Quadro 7, a seguir, pretende apresentar o roteiro de análise fundamentado nos critérios elencados na estrutura analítica da seção anterior deste artigo.

---

<sup>7</sup> As seções do artigo não foram contabilizadas no processo de contagem dos parágrafos.

<sup>8</sup> Este trabalho integra a pesquisa da autora, e está sendo desenvolvido com a colaboração de um grupo de pesquisadores que atuam na área de História e Filosofia da Ciência, em articulação com o contexto do Ensino de Química.

Quadro 7 - Roteiro de análise de Episódios em Ciência.

Roteiro de análise de Episódios em Ciência
<i>Natureza dinâmica e evolutiva</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O artigo apresenta discussões da História da Ciência que permitem refletir sobre a perspectiva conjectural do pensamento científico?</li> <li>2) A perspectiva mutável do pensamento científico é explicitada pelo texto?</li> <li>3) Observa-se o tratamento de anormalias/obstáculos no desenvolvimento do episódio?</li> <li>4) Apresenta-se o referido episódio em uma perspectiva processual da construção e desenvolvimento do conhecimento científico?</li> <li>5) Tem-se a pretensão, no texto, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização pela comunidade científica?</li> </ol>
<i>Natureza Dialética</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O artigo apresenta pontos de vista dissemelhantes (teorias e métodos) em sua discussão do episódio?</li> <li>2) Observa-se no texto a ênfase no diálogo e no contraste de ideias entre os cientistas?</li> <li>3) O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico é explicitado pelo texto?</li> <li>4) O texto pontua a relevância da relação do desenvolvimento tecnológico com o desenvolvimento científico, de modo a propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa?</li> </ol>
<i>Natureza Razão objetiva</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O texto apresenta e/ou discute o esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias no campo científico, bem como em relação ao processo de resolução de problemas de natureza científica?</li> <li>2) O campo empírico da Ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência?</li> </ol>
<i>Natureza Normatividade</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O texto traz critérios, normas e regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica?</li> </ol>

Fonte: elaborado pela autora.

#### 2.2.1.4 Análise dos resultados

Buscou-se apresentar os resultados da referida análise em uma estrutura sistêmica, composta pelas quatro principais categorias de análise supracitadas.

##### 2.2.1.4.1 Análise da *natureza dinâmica e evolutiva*

Em relação à categoria analítica referente à *natureza dinâmica e evolutiva*, identificou-se uma quantidade de trechos selecionados (Quadro 8) neste processo de análise.

Quadro 8 -Trechos selecionados quanto à *natureza dinâmica e evolutiva*.

Perguntas	Trecho/evento
1) O artigo apresenta discussões da História da Ciência que permitem refletir sobre a perspectiva conjectural do pensamento científico?	p. 1079, parágrafo 3º, linhas 1-6. p. 1079, parágrafo 6º, linhas 1-5.
2) A perspectiva mutável do pensamento científico é explicitada pelo texto?	p. 1073, parágrafo 8º, linhas 8-13. p. 1073, parágrafo 9º, linhas 1-7. p. 1080, parágrafo 12º, linhas 1-10. p. 1081, parágrafo 1º, linhas 2-8.
4) Observa-se o tratamento de anomalias/obstáculos no desenvolvimento do episódio?	p. 1072, parágrafo 5º e 6º, linhas 5-8 e linhas 1-6.
5) Apresenta-se o referido episódio em uma perspectiva processual da construção e desenvolvimento do conhecimento científico?	p. 1075, parágrafo 2º, linhas 1-8. Todo o artigo explicita essa perspectiva processual.
6) Tem-se a pretensão, no texto, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização pela comunidade científica?	p. 1073-1074, parágrafo 14º e parágrafo 1º, linhas 1-6 e linhas 1-4. p. 1076, parágrafo 16º, linhas 5-10. p. 1076-1077, parágrafo 19º, linhas 1-4. p. 1077, parágrafo 7º, linhas 1-4. p. 1077, parágrafo 15º, linhas 1-4. p. 1077, parágrafo 17º, linhas 1-6 . p. 1080, parágrafo 6º e 8º, linhas 1-2 e linhas 1-5.

Fonte: elaborado pela autora.

A *perspectiva conjectural* não foi uma característica evidenciada explicitamente neste processo de análise. Reflete-se que possivelmente este olhar conjectural não tenha sido tão marcado pela narrativa da autora visto as especificidades concernentes às defesas e entendimentos filosóficos da comunidade científica da época, a qual evidenciava um forte

caráter empirista ingênuo (como refletem outros trabalhos na literatura como OLIVEIRA, 2019).

Em relação à *perspectiva mutável do conhecimento científico*, de maneira ampla, observa-se que a autora explicita esse entendimento envolvendo a dinâmica construtiva do pensamento científico em muitos momentos no corpo do texto. De modo a exemplificar, tem-se o seguinte extrato:

A aplicação à Química de conceitos tradicionalmente usados na Física e nos estudos de meteorologia introduziu profundas mudanças na interpretação dos fenômenos químicos. O principal mérito de Dalton foi retomar conceitos antigos, reelaborando-os à luz de uma nova racionalidade; novas questões foram formuladas e novas conclusões apresentadas (p. 1081, parágrafo 1º, linhas 2-8).

Como a autora coloca, Dalton relacionou áreas distintas ao contexto dos estudos envolvendo a Química da época, ao fomentar, em seu processo de construção de ideias, um diálogo entre trabalhos envolvendo a meteorologia e a natureza física do estado gasoso. Nota-se ainda um olhar da autora que valoriza um entendimento de ressignificação de conceitos científicos propiciados pela nova racionalidade trazida por Dalton em tal período histórico. Dessa forma, compreende-se que este trecho se relaciona com a referida questão por explicitar o entendimento da natureza mutável do pensamento científico no referido episódio.

Em relação ao *tratamento de anomalias/obstáculos*, observa-se que a autora valoriza discussões que relacionam a necessidade do pensamento científico de superar obstáculos, no sentido de se autocorriger, para desenvolver-se e qualificar-se. Esse viés pode ser identificado no fragmento seguinte, no qual se identifica a dificuldade de cientistas e filósofos de abordarem representações da natureza no processo de verificação experimental, no que se refere ao processo de aceitação da teoria atômica na época.

O grande desafio a ser enfrentado pelos atomistas para tornar a hipótese atômica amplamente aceitável era concretizar a necessária articulação entre as dimensões macroscópica e microscópica. Este episódio da História da Ciência ilustra a dificuldade de cientistas e filósofos de submeterem certas “*imagens de natureza*” à comprovação empírica. Tais imagens incluem “*os constituintes que são considerados últimos ou essenciais da realidade, suas modalidades de interação, bem como os processos fundamentais dos quais participam*” (p. 1072, parágrafo 5º e 6º, linhas 5-8 e linhas 1-6, grifo da autora do episódio).

De um modo geral, a autora salienta que esse momento da História da Ciência apresenta-se marcado pela dificuldade dos cientistas em articular os *mundos* microscópico e macroscópico no contexto da Química vigente no período. A passagem em questão relaciona a essa ideia, visto que se apresenta pela autora como aspectos limitantes ao desenvolvimento científico.

No entanto, em relação a explicação de anomalias, não foi observado nenhuma explícita menção no corpo do texto; a autora menciona a existência de algumas anomalias envolvendo o contexto da teoria atômica de Dalton pelo cientista Dumas, mas não discute seu processo de explicação. Pode-se notar isto na página 1075 do artigo analisado:

Usando a hipótese de Avogadro e assumindo a existência de espécies diatômicas, Dumas determinou densidades de substâncias elementares na forma de vapor para calcular os pesos atômicos. Os resultados obtidos **revelaram anomalias** para o mercúrio, enxofre e fósforo. Os pesos atômicos calculados não correspondiam aos valores obtidos por pesquisadores como Berzelius. As dificuldades encontradas levaram Dumas a questionar a possibilidade de determinação do número real de átomos envolvidos numa reação química (grifo nosso).

Em relação à *perspectiva processual do desenvolvimento científico*, de modo global, pode-se dizer que o texto analisado apresenta uma abordagem do Episódio Científico atrelada a tal concepção, visto que a autora trata das teorias científicas por um viés contemplado por discussões histórico-filosóficas, as quais abrangem um recorte temporal amplo em relação a suas considerações e apontamentos. A *perspectiva processual* é identificada ao longo de toda a discussão do episódio (um exemplo vem a ser sua seção denominada como “O atomismo daltoniano: iniciando um longo debate”). Nesse sentido, encontra-se no seguinte trecho discussões envolvendo a morosidade no reconhecimento das duas hipóteses de Avogadro, que se deu em 1860.

A importância das hipóteses de Avogadro **só foi reconhecida em 1860**; caso este reconhecimento tivesse acontecido logo após sua formulação, a distinção entre os conceitos de átomo e molécula, possivelmente, teria acontecido anteriormente, antecipando a compreensão das implicações do atomismo. Uma das causas de dificuldade para aceitação das idéias de Dalton **foi o demorado processo de reconhecimento** da necessidade de articulação dessas idéias com as contribuições de Gay-Lussac e Avogadro (p. 1075, parágrafo 2º, linhas 1-8, grifo nosso).

Em relação a isto, a autora frisa que, caso o processo de reconhecimento das hipóteses de Avogadro tivesse sido endossado pela comunidade científica logo após sua apresentação, não teria levado tanto tempo na confusão impetrada pela diferenciação entre os conceitos de *molécula* e *átomo*. O mesmo raciocínio se dá com relação ao processo de desenvolvimento da teoria atômica de Dalton. A autora expõe que a lentidão em articular o atomismo daltoniano com as discussões trazidas por Gay-Lussac e Avogadro representou uma das principais dificuldades ao processo de aceitação da teoria atômica na época. Em suma, o extrato tratado relaciona-se com a perspectiva processual por discutir um contexto temporal amplo em relação às referidas ideias científicas.

Em relação à *circulação e socialização de ideias no campo científico*, pode-se sugerir que a autora a apresenta, em diversos momentos do artigo, ao relatar encontros, eventos e

congressos que ocorreram a fim de se discutir e estabelecer pontes consensuais com o cenário da Química da época. Uma exemplificação:

O atomismo **mobilizou outros importantes encontros envolvendo a comunidade de químicos e físicos** como o da Chemical Society de Londres em 1869, o da Académie des Sciences de Paris em 1889, o Encontro de Genève em 1892 e a Conferência de Lübeck em 1895 (p. 1077, parágrafo 15º, linhas 1-4, grifo nosso).

Como referido, a autora discute que a teoria atômica fomentou a ocorrência de diversos congressos da comunidade de químicos e físicos na época. Tais encontros explicitavam a necessidade de se debater as controvérsias e peculiaridades dos diferentes pontos de vista que coexistiam na comunidade científica, endossando a correspondência encontrada pelos autores deste artigo quanto a este critério particular de análise.

#### 2.2.1.4.2 Análise da *natureza dialética* da convergência epistemológica no artigo

Em relação à categoria analítica referente à *natureza dialética*, identificou-se uma quantidade de trechos selecionados (Quadro 9) neste processo de análise.

Quadro 9 -Trehos selecionados quanto à *natureza dialética*.

Perguntas	Trecho/evento
1) O artigo apresenta pontos de vista diferentes (teorias e métodos) em sua discussão do episódio?	<p>p. 1079, parágrafo 7º, linhas 1-7.</p> <p>p. 1073, parágrafo 9º, linhas 1-8.</p> <p>p. 1075, parágrafo 3º, linhas 1-11.</p> <p>Ao longo da p. 1075 na seção do artigo “os atomismos físico e químico: sutis diferenças no século XIX”, nos trechos que expõe as visões de Berzelius, Kekulé e Dumas. E na página 1076 expõe a visão do átomo pelo olhar físico da época.</p> <p>p. 1076, parágrafo 14º, linhas 1-5.</p> <p>p. 1077, parágrafo 1º, linhas 1-8.</p> <p>p. 1078, parágrafo 11º, linhas 1-8.</p>

2) Observa-se no texto a ênfase no diálogo e no contraste de ideias entre os cientistas?	<p>p. 1075 parágrafos 7º e 8º, linhas 1-5 e linhas 1-19.</p> <p>p. 1075, parágrafo 1º, linhas 1-4.</p> <p>p. 1079, parágrafo 2º, linhas 1-8.</p> <p>p. 1077, parágrafo 13º, linhas 1-7.</p> <p>p. 1074, parágrafo 11º, linhas 1-6.</p> <p>p. 1074, parágrafo 13º e 14º, linhas 5-7 e linhas 1-10.</p> <p>p. 1075, parágrafos 9º e 10º, linhas 1-7 e linhas 1-11.</p> <p>p. 1077, parágrafo 10º, linhas 1-7.</p> <p>p. 1078, parágrafo 7º, linhas 1-6.</p> <p>p. 1078, parágrafo 14º, linhas 1-7.</p> <p>p. 1076, parágrafo 7º, linhas 1-4.</p>
3) O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico é explicitado no texto?	<p>p. 1080, parágrafo 3º, linhas 5-11</p> <p>p. 1080, parágrafo 10º, linhas 1-9.</p> <p>p. 1079, parágrafos 11º e 12º, linhas 1-7 e linhas 1-3.</p>
4) O texto pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa?	<p>p. 1077, parágrafo 11º, linhas 1-9.</p> <p>p. 1079, parágrafo 13º, linhas 1-9.</p>

Fonte: elaborado pela autora.

A *apresentação de ideias distintas* é enfatizada no corpo do artigo; à guisa disso, um dos principais enfoques da autora propõe abordar as discussões envolvendo as controvérsias científicas pontuadas por este episódio da HC. Uma amostra é o trecho a seguir, no qual a autora pontua os diferentes entendimentos dos cientistas Boltzmann e Mach em relação à compreensão das teorias científicas e a função das imagens no processo construtivo da Ciência:

O papel das imagens na construção do conhecimento científico foi um ponto polêmico entre Boltzmann e Mach. **Este último considerava a teoria** como uma tradução da experiência e revelando-se fortemente empirista não aceitava a hipótese atômica. **Boltzmann, ao contrário, defendia uma maior liberdade de pensamento** e o uso da criatividade, alimentadora da capacidade heurística da atividade científica (p. 1079, parágrafo 7º, linhas 1-7, grifo nosso).

Também é possível perceber a ênfase dada a momentos de *diálogos e confrontação de ideias entre os cientistas*. O trecho a seguir ilustra este enfoque:

Um **importante debate** entre atomistas e energeticistas aconteceu no Encontro de Lübeck em 1895, **com críticas feitas pelo atomista Boltzmann ao anti-atomista Ostwald**, considerado dogmático na defesa da energia como categoria fundamental e definitiva. **Para fundamentar suas críticas**, Boltzmann apoiava-se em dois

argumentos: a defesa da mecânica como uma ciência que não tinha a pretensão de “desencantar” a natureza e o caráter provisório das teorias científicas e da visão de mundo subjacente a elas (p. 1079, parágrafo 2º, linhas 1-8, grifo nosso).

Cabe ressaltar que a autora explicita uma postura dos cientistas que se refere à confrontação de ideias envolvendo os atomistas e os energeticistas, no *Encontro de Lübeck* (1895). Observa-se, neste trecho, a postura de embate entre estes dois importantes cientistas na HC, no que se refere ao processo de discussão acerca da natureza da matéria. Frisado este marco teórico, tais cientistas representam lados antagônicos, sendo um deles integrante do programa energeticista, o qual compreendia o conceito de energia como um eixo central às explicações concernentes à matéria e, o outro, defensor do atomismo e de uma distinta compreensão da realidade, no contexto científico de tal período.

O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico da Ciência pode ser observado em outros momentos do episódio, como no segmento:

**Seus experimentos com as emulsões conseguiram conjugar a teoria do movimento browniano (Einstein e Smoluchowski) e o modelo osmótico de Van't Hoff, que aplicou as leis dos gases a soluções diluídas.** Os experimentos realizados variando a natureza do líquido usado na preparação da suspensão de grãos, o volume dos grãos e a temperatura conduziram a valores convergentes de NA” (p. 1080, parágrafo 3º, linhas 5-11, grifo nosso).

Observa-se, na passagem anterior, a preocupação da autora em valorizar um diálogo entre o campo teórico e o campo empírico, em relação aos trabalhos de Perrin quanto à definição da constante de Avogadro, de modo a articular teorias científicas a investigações empíricas de tal período. Com isso, este trecho se relaciona à referida questão de análise por apresentar uma visão que explicita o diálogo entre as bases teóricas e empíricas no referido processo construtivo do pensamento científico.

Em relação à discussão, referente ao *desenvolvimento tecnológico, sobre propiciar novos olhares ao desenvolvimento científico (e vice-versa)*, pontuam-se duas reflexões da autora.

O uso da ciência pura e aplicada para a fabricação de artefatos e no desenvolvimento de técnicas sofisticadas consolidou a aplicação da uma tecnologia apoiada em conhecimentos e instrumentos criados pela pesquisa científica. Esta **maior aproximação entre ciência e tecnologia** foi um dos importantes legados do século XIX, possibilitada por uma maior **interação entre o cientista e o industrial**, cada vez mais evidente e planejada. A incorporação da ciência ao sistema produtivo foi um dos pilares de sustentação da revolução industrial, especialmente no seu estágio mais avançado” (p. 1077, parágrafo 11º, linhas 1-9, grifo nosso).

No fragmento anterior, nota-se a interação entre Ciência e tecnologia, a qual representou uma importante herança que o século XIX legitimou na História do pensamento científico.

Além do mais, percebe-se, em um sentido amplo de discussão e concepção hermenêutica, que tal aproximação representou um importante eixo estruturante da revolução industrial.

Em outra passagem, verifica-se também uma discussão que engloba tal perspectiva de análise:

No século XX, a maior aproximação da ciência e da técnica e **um aumento na sofisticação dos instrumentos tecnológicos possibilitaram o desenvolvimento de três importantes técnicas de microscopia capazes de fornecer resolução em escala atômica**: a microscopia iônica de campo, a microscopia eletrônica de alta resolução e a microscopia de tunelamento e varredura. **As imagens obtidas através destas técnicas evidenciam a presença de átomos**, individualmente, legitimando a frase que é hoje comumente formulada no meio científico ou jornalístico especializado, de que “é possível ‘ver’ os átomos” (p. 1079, parágrafo 13º, linhas 1-9, grifo nosso).

A autora reflete, a partir do trecho antecedente, sobre o fato de ter ocorrido uma sofisticação no campo científico quanto a suas bases empíricas, levando à expansão de importantes técnicas com maior precisão em relação à obtenção de imagens em escala atômica. Desse modo, pôde-se corroborar experimentalmente a existência de átomos, propiciando, assim, maior sustentação empírica e posterior aceitação da hipótese atômica.

#### 2.2.1.4.3 Análise da natureza razão objetiva da convergência epistemológica no artigo

Em relação à categoria analítica referente à *razão objetiva*, identificou-se uma quantidade de trechos selecionados (Quadro 10) neste processo de análise.

Quadro 10 -Trechos selecionados quanto à *natureza razão objetiva*.

Perguntas	Trecho/evento
1) O texto apresenta e/ou discute o esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias no campo científico, bem como em relação ao processo de resolução de problemas científicos?	p. 1077, parágrafo 4º, linhas 1-4. p. 1077, parágrafo 8º e 9º, linhas 1-2 e linhas 1-14. p. 1077, parágrafo 12º, linhas 1-9. p. 1077, parágrafo 16º, linhas 1-7. p. 1079-1080, parágrafo 14º, linhas 1-8.
2) O campo empírico da Ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência pelo artigo?	p. 1079-1080, parágrafo 14º, linhas 8-12. p. 1080, parágrafo 1º e 2º, linhas 1-12 e linhas 1-11.

Fonte: elaborado pela autora.

A discussão referente à necessidade de fomentar a clareza das ideias pode ser observada, com propriedade, no texto. Isso se mostra no trecho subsequente, o qual trata do congresso de Karlsruhe. Segundo a autora, tal congresso representou um momento para esclarecer pontos intrincados da comunidade química, como as ideias acerca do átomo e molécula e as distinções envolvendo o atomismo físico e o atomismo químico.

Duas questões foram priorizadas nos debates a diferença entre os conceitos de átomo e molécula, o que **poderia esclarecer a possibilidade** de divisão das moléculas em reações químicas e a busca de convergência entre o atomismo químico e o físico (p. 1077, parágrafo 4º, linhas 1-4, grifo nosso).

A discussão referente ao campo empírico da Ciência, debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência, é pontuada no artigo principalmente quando se apresentam os trabalhos de Jean Perrin, como é possível observar no excerto seguinte:

A investigação do movimento browniano foi o ponto de partida para o esclarecimento desta questão. O movimento de partículas coloidais, na forma de suspensões grosseiras em um líquido era um tema de grande interesse naquele período, principalmente após a descoberta do microscópio óptico. A ideia que este movimento fosse ocasionado por colisões moleculares não encontrava provas experimentais e teóricas até o início do século XX. Entre 1905 e 1910 surgiram vários estudos sobre o assunto; **o principal objetivo era elaborar modelos teóricos que pudessem ser submetidos a testes empíricos. Neste contexto apareceu o trabalho de Perrin**, que testou **um modelo teórico para este tipo** de movimento **com o intuito de explicar os resultados experimentais**. De 1905 até 1912 Perrin investigou suspensões coloidais (emulsões) de partículas visíveis ao microscópio na forma de grãos (gomaguta e almécega) em líquidos. Estudou três fenômenos: a distribuição vertical de partículas coloidais depois que elas alcançavam o equilíbrio, o deslocamento translacional das partículas e a rotação das partículas. Os procedimentos eram complicados e foram realizados com precisão, separando partículas com raios semelhantes por centrifugação fracionada, técnica desenvolvida por ele para esta investigação. Perrin determinou as densidades, os volumes e os raios das partículas e estudou o movimento de rotação destas partículas, realizando muitas fotografias durante os experimentos (p. 1080, parágrafo 1º e 2º, linhas 1-12 e linhas 1-11, grifo nosso).

Como a autora aponta, as discussões envolvendo a problemática do movimento browniano foram essenciais ao processo de definição da constante de Avogadro. Além do mais, faz-se juz valorizar a relevância dos trabalhos de Perrin em elaborar modelos teóricos (com o objetivo de submeter aos questionamentos empíricos) para explicar tal problemática. Destaca-se que a passagem antecedente se relaciona à questão de análise por se observar discussões empíricas norteadas por determinados modelos teóricos e, dessa forma, identifica-se a ênfase dada a uma perspectiva de racionalização da experiência.

#### **2.2.1.4.4 Análise da *natureza normatividade* da convergência epistemológica no artigo**

Em relação à categoria analítica referente à *natureza normatividade*, identificou-se uma quantidade de trechos selecionados (Quadro 11) neste processo de análise.

Quadro 11 -Trechos selecionados quanto à *natureza normatividade*.

Perguntas	Trecho/evento
1) O texto traz critérios, normas, regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica?	<p>p. 1073, parágrafo 6º e 7º, linhas 1-6 e linhas 1-9.</p> <p>p. 1073, parágrafo 13º, linhas 1-7.</p> <p>p. 1074, parágrafo 2º e 3º, linhas 1-4 e linhas 1-12.</p> <p>p. 1076, parágrafo 8º, linhas 1-5.</p> <p>p. 1076, parágrafos 10º e 11º, linhas 3-6 e linhas 1-5.</p>

Fonte: elaborado pela autora.

A *adoção e identificação de regras, critérios e normas pelos cientistas no desenvolvimento científico* foi identificada em alguns momentos do texto, como, por exemplo, no seguinte trecho:

Uma importante contribuição de Dalton à Química do século XIX **foi um novo simbolismo para representação dos átomos e de suas combinações**. Os átomos daltonianos eram representados através de círculos, traços e pontos; para as substâncias compostas, combinava símbolos usados para os ‘átomos elementares’. Nestas representações Nye<sup>15</sup> identificou concepções influenciadas pelo senso comum e com componentes de um realismo ingênuo (p. 1073, parágrafo 13º, linhas 1-7, grifo nosso).

Apesar da autora pontuar que o novo simbolismo trazido pelo atomismo daltoniano explicitava concepções oriundas do senso comum e aspectos do realismo ingênuo, tal trecho lança luz que este novo olhar sobre as transformações da matéria foi de considerável relevância à padronização e organização da linguagem química naquele período. As regras químicas que orientavam, tanto a identidade dos átomos daltonianos quanto seus processos combinatórios, forneceram o arcabouço teórico necessário ao desenvolvimento e à estruturação da linguagem química na compreensão do átomo como conceito fundamental das discussões desta ciência.

Nesse sentido, aquela passagem explicita a relação da normatividade e da linguagem científica, pois demarca a relevância do simbolismo trazido pelo atomismo daltoniano ao contexto da Química vigente, de modo a representar grande valia ao seu desenvolvimento e alcance contemporâneo. O atomismo daltoniano propiciou nova linguagem ao contexto da Química de tal período, utilizando-se de regras e de um conjunto de representações a fim de organizar e padronizar as bases teórico-empíricas da ciência química.

Outro extrato do artigo, que similarmente evidencia um olhar normativo das

convergências epistemológicas defendidas neste artigo, vem a ser:

Para determinar os pesos atômicos das “últimas partículas”, de modo inovador, Dalton combinou elementos cujos pesos queria **determinar com um elemento de referência, o hidrogênio, escolhido como padrão** e ao qual atribuiu peso unitário. A sua maior dificuldade foi assumir de forma arbitrária, o número de átomos de cada elemento envolvido na combinação. Ele adotou **uma “regra da simplicidade”**, considerando **que, quando existisse um único tipo de composto formado por dois elementos diferentes este seria binário**, o que envolveria a combinação de apenas um átomo de cada elemento. **Esta regra**, segundo Dalton, resultava de circunstâncias físicas, uma vez que, um menor número de átomos combinados teria uma maior estabilidade mecânica. Qualquer outro composto que envolvesse novas combinações dos mesmos elementos deveria ter proporções distintas: 1:2 ou 1:3 ou outras, que envolvessem números inteiros e pequenos (p. 1073, parágrafo 6º e 7º, linhas 1-6 e linhas 1-9, grifo nosso).

Neste trecho, a autora destaca o empenho de Dalton em determinar o Hidrogênio como elemento unitário de referência quanto às definições dos pesos relativos das “partículas últimas” da matéria, e também enfatiza seu critério de simplicidade envolvendo os processos de combinação entre os átomos. Segundo o próprio Dalton, esse referido critério de simplicidade seria oriundo de condições físicas em relação a fatores de estabilidade mecânica ocasionados por uma menor quantidade de átomos combinados em um composto. Desse modo, compreende-se que essa menção apresenta uma perspectiva normativa em relação à explicitação de critérios e regras adotadas pelos cientistas na discussão do episódio.

### 2.2.1.5 Considerações finais

De modo universal, pode-se inferir que a análise de episódios em História da Ciência pode ser favorecida com o uso de estratégias que se fundamentam em pressupostos da natureza histórico-filosófica do pensamento científico. Cabe acentuar que este artigo contempla, em seu desenvolvimento, uma abordagem dialética, visto que, ao mesmo tempo em que se apresenta uma estratégia didática de análise de Episódios Científicos, testa-se tal estratégia se utilizando de um respectivo episódio.

Por ser emergente de estudos mais abrangentes sobre a História da Ciência, a estratégia de análise proposta neste ensaio, bem como a convergência epistemológica sobre a qual ela se fundamenta, necessita de um contexto histórico amplo para ser contemplado em sua integralidade. Contudo, deve-se destacar que o episódio escolhido para análise possibilitou discutir as quatro *naturezas* da convergência epistemológica com relevância no que se refere às unidades de análise encontradas.

Quanto à ênfase dada pelo texto à *natureza dinâmica e evolutiva* da Ciência, observa-se, de modo geral, que a autora valoriza tal olhar em suas discussões envolvendo o episódio. Em relação *aos obstáculos epistemológicos*, o episódio traz discussões quanto às limitações dos cientistas no processo de aceitação da teoria atômica, muito embora não apresente uma discussão explícita sobre *o tratamento de anomalias*. A *perspectiva processual* emerge em diversos momentos ao longo do artigo, por meio de uma narrativa que contempla em seus pormenores os enredos históricos desse importante momento da História da Ciência. Tendo em vista *a circulação e socialização de ideias no campo científico*, há indicação de muitos congressos e encontros desenvolvidos em tal período, os quais tinham por objetivo, em grande parte, construir e/ou estabelecer consensos por parte de comunidades científicas entre assuntos polêmicos e, muitas vezes, antagônicos.

A *natureza dialética* foi, possivelmente, a mais focalizada no episódio analisado, em detrimento às demais. Tal ênfase se deu principalmente com a *apresentação de pontos de vista distintos* e *o diálogo e contraste de ideias entre os cientistas* e, em menor proporção, de *diálogos entre os campos teórico e empírico* e da *relação de interdependência entre os desenvolvimentos tecnológico e científico*. A *natureza razão objetiva*, por sua vez, foi identificada nas discussões envolvendo os *esforços dos cientistas em clarear ideias* e, em menor grau, na *perspectiva de racionalização da experiência*. Por fim, a *natureza normatividade* da Ciência aparece bem marcada no episódio, por regras e critérios elaborados pelos cientistas no desenvolvimento de suas teorias.

Com relação à *Estratégia Discursiva de Episódio* (associada ao roteiro) de análise, observou-se que a identificação de algumas categorias necessitou de um olhar mais amplo e sistêmico sobre a narrativa do episódio, não se restringindo a um único recorte textual, como foi o caso da perspectiva processual. Todavia, esta estratégia evidencia considerável utilidade para a análise de episódios, sendo relevante para narrativas não só concernentes a produções textuais, como também em narrativas audiovisuais sobre a História da Ciência.

Por fim, considera-se que a estratégia proposta pode ser aplicada a diversas formas de narrativas da História da Ciência e também denota o potencial de possibilitar ao estudante compreensões múltiplas da Natureza da Ciência na História da Ciência (no sentido de ressaltar as características da natureza científica em narrativas da História da Ciência). Além do mais,

esta estratégia auxilia a evidenciar lacunas, erros<sup>9</sup> e falhas epistemológicas nas narrativas concernentes à História da Ciência no contexto didático.

---

A seguir, será apresentada a segunda estratégia didática analítica de episódios denominada *Redes de Conhecimento*, a qual distingue-se da estratégia anterior - que detinha uma perspectiva discursiva de análise - quanto ao enfoque de análise de episódio, de modo a realizar um processo analítico mais esquemático (fundamentado, em grande parte, na técnica de mapeamento conceitual) do que esta apresentada.

---

<sup>9</sup>No sentido de concepções deturpadas sobre a Natureza da Ciência.

## 2.2.2 REDES DE CONHECIMENTO COMO LENTES COGNITIVAS PARA ANÁLISE DE EPISÓDIOS CIENTÍFICOS<sup>10</sup>

**Resumo:** Este artigo tem como pretensão apresentar uma estratégia didática de análise de episódios científicos denominada *Redes de Conhecimento*. Nesse sentido, inicialmente será apresentado um breve resgate das principais ideias e discussões envolvendo o termo redes de conhecimento e seus similares explicitados na literatura. Em seguida, será apresentada a estrutura teórico-metodológica que constitui as *Redes de Conhecimento* com o intuito de expor os seus aspectos estruturais referentes a sua identidade. Em linhas gerais, o conceito de *Redes de Conhecimento*, neste artigo, refere-se a uma estrutura teórico-metodológica que organiza e explicita tanto as redes sociais entre os cientistas na História da Ciência, como também as suas respectivas redes teórico-empíricas em um determinado episódio histórico. Dando andamento a discussão, serão pontuadas algumas influências e distinções envolvendo as bases referenciais da referida estratégia e, em seguida, discutidas algumas especificidades envolvendo as potencialidades e limitações das *Redes de Conhecimento*. Por último, será apresentada uma descrição-guia das etapas metodológicas para a construção das *Redes de Conhecimento*.

**Palavras-chave:** Estratégia didática; análise de episódios científicos; *Redes de Conhecimento*; História da Ciência; Filosofia da Ciência.

### 2.2.2.1 Introdução

Abordagens que se utilizam de episódios científicos (em linhas gerais, entendidos como narrativas envolvendo a HC) para trabalhar conteúdos científicos por uma perspectiva metacientífica no ensino vem sendo fortemente explicitadas na literatura nas últimas décadas (ALLCHIN, 2010; FORATO, 2009; MARTINS, 2006; HYGINO; SOUZA; LINHARES, 2013). Tais episódios possibilitam a apresentação de discussões de conteúdos científicos por uma perspectiva histórica e, nesse sentido, podem-se abordar diversas características da natureza científica contemporânea, como também discutir linhas epistemológicas que se distanciam das concepções consideradas vigentes no contexto do Ensino de Ciências.

Desse modo, episódios científicos têm sido explorados como importantes instrumentos didáticos para se refletir e discutir a HFC no contexto do Ensino de Ciências nas últimas décadas (SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; HYGINO; SOUZA; LINHARES, 2013). Em convergência de diálogo, observam-se, na literatura, discussões da HFC no ensino com pertinência didática para o âmbito de sala de aula (MATTHEWS, 2014; GALILI, 2016; ARCHILA, 2015). Além do mais, o desenvolvimento de instrumentos didáticos que possibilitem a organização e a compreensão da História da Ciência no ensino, colaboram

---

<sup>10</sup> Este artigo encontra-se em estágio de finalização para ser encaminhado para uma revista da referida área de pesquisa.

para uma utilização didática e abrangente dos conteúdos científicos por uma perspectiva metaconceitual – relevante elemento estruturante das defesas envolvendo a alfabetização científica em contextos internacionais (MARTINS, 2006; GARIK et al., 2015; JENKINS, 2013; GERICKE; HAGBERG; JORDE, 2013; KALMAN; LATTERY, 2018; TSYBULSKY; DODICK; CAMHI, 2018).

De modo a buscar contribuir com tais discussões apresentadas, o objetivo deste trabalho vem a ser apresentar uma estratégia didática analítica de episódios denominada *Redes de Conhecimento*<sup>11</sup>, a qual tem como intuito servir como uma estrutura analítica de episódios científicos, bem como contribuir para discussões que integrem a HFC no contexto da DdC.

Em linhas gerais, este artigo inicialmente apresentará um breve resgate das principais ideias e discussões envolvendo o termo redes de conhecimento e seus similares explicitados na literatura. Em seguida, será apresentada a estrutura teórico-metodológica que constitui as Redes de Conhecimento com o intuito de expor os seus aspectos estruturais referentes a sua identidade. Tem-se que o conceito de *Redes de Conhecimento*, neste artigo, refere-se a uma estrutura teórico-metodológica que organiza e explicita tanto as redes sociais entre os cientistas na História da Ciência, como também as suas respectivas redes teórico-empíricas em um determinado episódio histórico. Dando andamento a discussão, serão pontuadas algumas influências e distinções envolvendo as bases referenciais do instrumento e, em seguida, discutidas algumas especificidades envolvendo as potencialidades e limitações das *Redes de Conhecimento*. Por último, será apresentada uma descrição-guia das etapas metodológicas para a construção das Redes de conhecimento.

### **2.2.2.2 O conceito de redes de conhecimento e seus similares na literatura**

A noção de redes na sociedade contemporânea tem sido interligada aos avanços científico-tecnológicos oriundos do século XX e que geraram importantes frutos, como exemplos, o surgimento da área da microeletrônica, ciência da computação e o próprio conceito de internet, que ressignificou os mecanismos de comunicação da sociedade nas últimas décadas. Tem-se que a noção de redes se relaciona à valorização, cada vez mais persistente, de um mundo

---

<sup>11</sup> Observa-se que esta estratégia também será chamada, nesta tese, como *Estratégia de episódios Redes de Conhecimento*, ou somente *Redes de Conhecimento*.

globalizado e interconectado e que explora a cooperação e o compartilhamento de informações/conhecimento em estruturas de rede (SANTOS, 2018).

O termo redes de conhecimento na literatura costuma ser associado com maior ênfase à ciência da informação, administração, âmbito das ciências sociais ou discussões relacionadas a tais enfoques (JORGE; VALENTIN, 2016; TEIXEIRA, 2011, TOMAÉL, 2008). De modo geral, o termo redes de conhecimento aproxima-se, em grande parte, da ideia de redes sociais e suas relações concernentes às diversas fontes e compartilhamento de informação, construção do conhecimento.

Em uma linha de pensamento mais articulada com discussões do Ensino de Ciências, Canato Junior (2014) apresenta uma tese que se propõe a discutir uma acepção de redes de conhecimento relacionada ao contexto da física quântica (entendida como uma grande rede) no contexto de formação docente vinculada ao Ensino de Física em uma perspectiva de redes. Salienta-se que este autor apresenta uma discussão ampla em relação às redes (principalmente em relação às redes complexas), de modo a articular a diferentes áreas (como a neurociência e a aprendizagem por uma perspectiva processual) e compreendendo a física quântica como uma grande tecedora de redes em diversos contextos (tecnológicos, sociais, científicos, entre outros) em sua pesquisa voltada ao contexto de formação de professores.

Silva (2012), em sua dissertação, busca construir “uma metodologia que utiliza ferramentas computacionais para transformar textos escritos por alunos em estruturas gráficas como mapas e redes de conceitos” (p. 4). A autora apresenta o termo redes de conhecimento, na perspectiva debatida por Okada (2008), de modo a considerar uma articulação da cartografia cognitiva com o contexto da aprendizagem, pontuando discussões de sua pesquisa a redes conceituais.

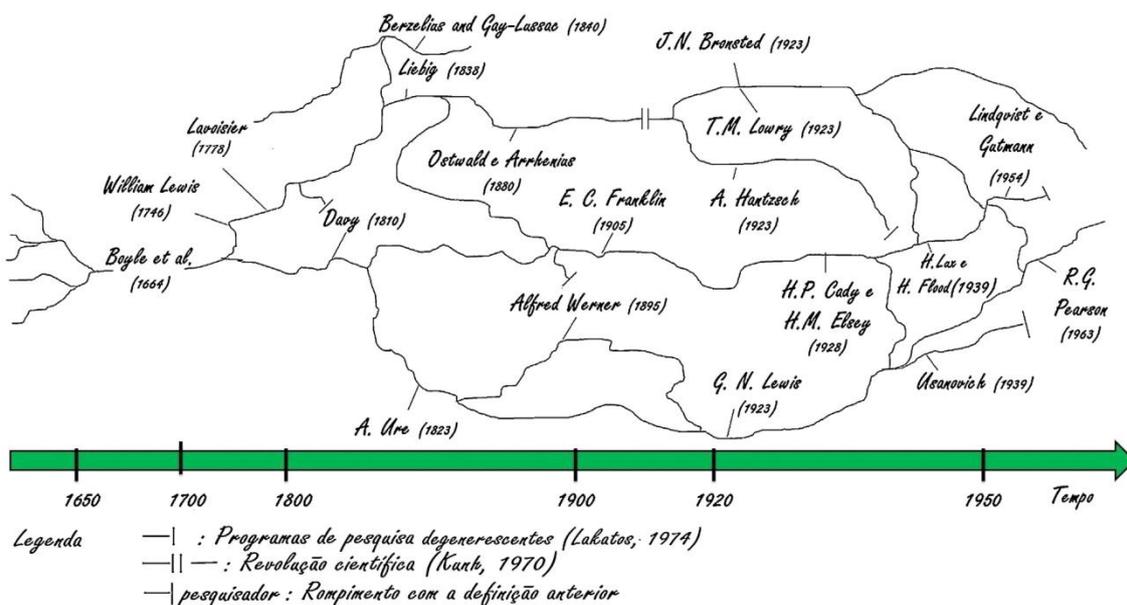
Souza e Aricó (2016) apresentam, em seu artigo, uma proposta de mapa cronológico como potencial didático para o estudo do processo evolutivo dos conceitos ácido-base no decorrer da História da Química no ensino. Salienta-se que o mapa cronológico apresenta todo um sistema interpretativo de códigos apresentados pelas autoras. Além do mais, deve-se pontuar que tal instrumento explicita as influências entre os cientistas, os caminhos trilhados entre as diversas linhas de pesquisa e defendidos por cada um no decorrer da HC. Tais autores pontuam reflexões quanto a esse instrumento no processo de aprendizado.

Acreditamos que o mapa cronológico é uma ferramenta didática eficiente para ilustrar a evolução da ciência no desenvolvimento das definições ácido-base. Ele tem como finalidade ser empregado no aprendizado em sala de aula, pois permite ao aluno

compreender as conexões das definições científicas e analisar o perfil da evolução dos trabalhos científicos (SOUZA; ARICÓ, 2016, p. 8).

A figura 10 apresenta a imagem do mapa cronológico apresentados por Souza e Aricó (2016).

Figura 10 - Mapa cronológico das teorias de ácido-base. Mapa cronológico do progresso das definições ácido-base nos últimos séculos.



Fonte: (SOUZA; ARICÓ, 2016, p. 3).

Lommi e Koponen (2019) apresentam um olhar interessante na literatura quanto às possíveis utilidades didáticas envolvendo a cartografia em rede e a HC. Tais autores apresentam discussões que contribuem para olhares envolvendo a HC sob uma perspectiva mais clara conceitualmente e sistêmica em relação às suas aplicações no ensino. Lommi e Koponen (2019) colocam uma discussão envolvendo uma perspectiva da cartografia de rede de paisagens de conhecimento como ferramenta didática quanto à análise da HC para os processos de ensino e aprendizagem científica no contexto formativo de professores.

A seguir será apresentada a identidade estrutural da estratégia de análise de episódios *Redes de Conhecimento*.

### 2.2.2.3 Uma estratégia didática analítica de episódios científicos: *Redes de Conhecimento*

O conceito de *Redes de Conhecimento*, apresentado neste trabalho, refere-se a uma estrutura teórico-metodológica, compreendida como uma estratégia didática analítica de episódios *Redes de Conhecimento*, que organiza e explicita tanto as redes sociais<sup>12</sup> entre os cientistas na História da Ciência, como também as suas respectivas redes teórico-empíricas, de modo a explicitar as principais ideias científicas, desenvolvimentos teórico-empíricos, relações entre os cientistas (embates, diálogos e contrastes de ideias) em um determinado episódio científico.

Apresentam-se, a seguir, os quatro pilares concernentes à estrutura das *Redes de Conhecimento*:

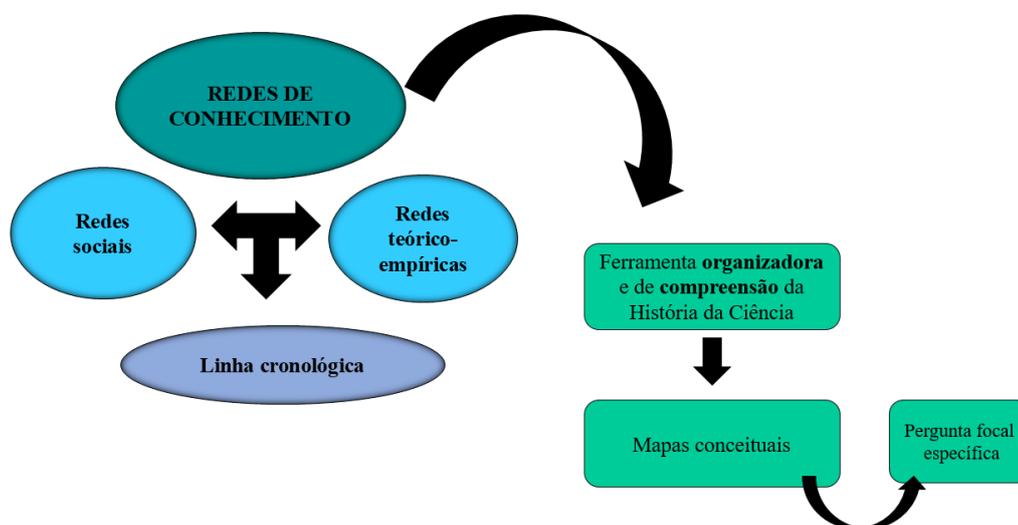
- ❖ Os cientistas explicitados em tal recorte histórico;
- ❖ Os aspectos conceituais e aspectos empíricos (teorias científicas, problemas, hipóteses, experimentos e instrumentos) que se explicitam em tal recorte histórico;
- ❖ Relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas explicitadas no episódio analisado;
- ❖ A cronologia que demarca o episódio científico.

Em linhas gerais, reflete-se que as *Redes de Conhecimento*, entendidas como uma estratégia didática analítica, se originam da técnica de mapeamento conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2010) relacionada à perspectiva de análise de episódios científicos. Neste sentido, tem-se que a estrutura envolvendo as *Redes de Conhecimento* será associada ao instrumento didático denominado mapas conceituais (como apresenta a figura 11). Pontua-se que há estudos na literatura que enfatizam e discutem o uso de mapas conceituais como uma importante ferramenta organizadora do conhecimento para o aluno em relação ao processo de aprendizagem (REIS; SILVA, 2015; ALVES et al., 2013; BATISTA; ARAMAN, 2009). Os mapas conceituais são compreendidos, na literatura, como um potencial recurso didático metacognitivo que possibilita a visualização de redes de conceitos, além de serem bons captadores de ideias fundamentais e suas relações em uma perspectiva hierárquica de direcionamento de discussões (MOREIRA; ROSA, 1986; NOVAK; CAÑAS, 2010). Desse modo, será valorizado, neste texto, o uso dos mapas conceituais como um recurso metacognitivo no que tange à possibilidade de explicitar as *Redes de Conhecimento*.

---

<sup>12</sup> Deve-se entender as redes sociais como as redes compostas pelos cientistas em um determinado recorte histórico abordado pelo episódio científico.

Figura 11 - Síntese da estrutura teórico-metodológica das *Redes de Conhecimento*.

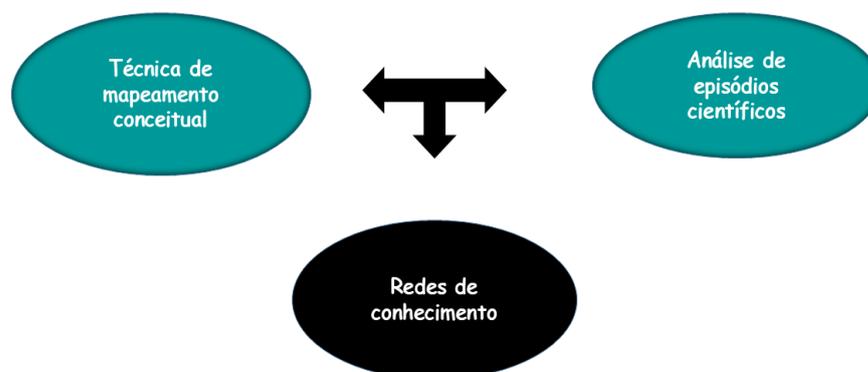


Fonte: elaborada pela autora.

#### 2.2.2.4 Algumas influências e distinções envolvendo as bases referenciais das *Redes de Conhecimento*

Como a estratégia *Redes de Conhecimento* é oriunda de uma fusão entre a técnica de mapeamento conceitual e a perspectiva de análise de episódios científicos (Figura 12), deve-se destacar algumas características inerentes ao processo de mapeamento conceitual que referencia muitas discussões legitimadas pela referida estratégia didática de análise de episódios.

Figura 12 - Origem da estratégia didática de análise *Redes de Conhecimento*.



Fonte: elaborada pela autora.

*a) A necessidade de uma perspectiva processual e recursiva na aprendizagem da técnica de mapeamento conceitual e da análise de episódios*

Visto que as *Redes de Conhecimento* se explicitam como um mapa conceitual específico que analisa a HC, entende-se que a aprendizagem envolvendo este processo de análise de episódios necessita ocorrer em uma perspectiva de longo prazo. Tal processualidade se faz pertinente, visto que se considera a aprendizagem tanto envolvendo a técnica de mapeamento conceitual – em relação às redes de significados construídas pelo aluno em sua estrutura cognitiva e o entendimento das características estruturais que abarcam os mapas conceituais (NOVAK; CAÑAS, 2010) – como a aprendizagem referente à análise de episódios científicos (TAVARES, MÜLLER E FERNANDES, 2018), que se explicitam como narrativas da História da Ciência. Nesse sentido, entende-se a necessidade de um amadurecimento do aluno em relação ao entendimento das etapas metodológicas de construção da análise, como também no que se referem às reflexões propiciadas pela elaboração da rede construída pelo estudante na sua análise do episódio científico.

Considerando que um mapa conceitual (MC) possibilita estar sempre aberto a alterações ou retificações, tem-se que a recursividade deve ser também uma característica do mapeamento conceitual relevante para as *Redes de Conhecimento*. Essa recursividade valoriza uma perspectiva processual de aprendizagem, como refletem Pereira, Souza e Lourenço (2021):

[...] apontamos também que a recursividade é um aspecto do processo de mapeamento conceitual que, ao ser relacionado à abordagem da HC, pode contribuir com o ensino de Ciências em contexto de sala de aula. A recursividade dos MC dá-se uma vez que os mesmos podem ser corrigidos, modificados e refeitos à medida que novos conhecimentos vão sendo adquiridos e são organizados de acordo com as estruturas já existentes. O fato de o MC ter caráter dinâmico e inacabado é absolutamente fundamental para expressar o entendimento da elaboração de conhecimentos ao longo da HC, uma vez que ela se apresenta em um nível crescente de detalhes à medida que é estudada, seja por pesquisadores, professores ou alunos, permitindo que uma visão panorâmica e geral sobre um conhecimento seja gradativamente substituída por uma perspectiva mais íntima e detalhada (ROSA; GARCIA, 2017). A recursividade dos MC é também importante para que uma reestruturação conceitual por parte dos alunos (processo pelo qual conhecimentos podem ser modificados para melhor explicar a realidade) possa ocorrer de maneira gradual e consciente ao longo do estudo da HC, já que muitas concepções ingênuas apresentadas pelos estudantes se parecem com as ideias de cientistas do passado (ALVES et al., 2013; MARTINS, 2006) (PEREIRA; SOUZA; LOURENÇO, 2021, p.13).

*b) O possível caráter metacognitivo evidenciado pela técnica de mapeamento conceitual e da análise de episódios*

Outra característica relacionada à técnica de mapeamento conceitual que envolve as *Redes de Conhecimento*, é o seu caráter metacognitivo que se pode possibilitar nesta perspectiva de análise de episódios. A metacognição reside no fato de o aluno refletir sobre o seu próprio processo de construção do conhecimento e, visto que o fruto dessa análise se explicita através de um mapa conceitual que reflete sua estrutura cognitiva em tal processo, entende-se ser viável explorar este enfoque metacognitivo na realização da atividade. De acordo com Silva e Bizerra (2022) “[...] a metacognição estuda o conhecimento que o indivíduo tem sobre o seu próprio conhecimento, pautando-se em diferentes variáveis que avaliam e influenciam esse processo” (SILVA; BIZERRA, 2022, p. 6). Diversos autores, como Tavares, Müller e Fernandes (2018), defendem a necessidade de se explorar atividades que propiciem esta perspectiva metacognitiva na aprendizagem dos conteúdos científicos.

Observa-se que este caráter metacognitivo advém da técnica de mapeamento conceitual e, desse modo, entende-se que tal característica é oriunda das *Redes de Conhecimento*, visto que a análise de episódio não necessariamente favorece o desenvolvimento de tais processos metacognitivos de aprendizagem.

*c) Um recorte da estrutura cognitiva do aluno que explicita um mapeamento específico da História da Ciência para discussão didática*

Essa possibilidade didática evidenciada pela técnica de mapeamento conceitual e, por consequência, repercutida nas *Redes de Conhecimento*, valoriza condições para que o professor tenha um panorama mais esquemático e coerente em relação às concepções e ideias dos alunos no processo de realização da atividade de análise de episódios. Devido ao fato de que as *Redes de Conhecimento* possibilitam explicitar uma aproximação à estrutura cognitiva (NOVAK; CAÑAS, 2010) do aluno em relação à análise do episódio e, desse modo, podem fornecer, ao professor, as principais relações de significados que o estudante elaborou em relação à análise do episódio. Conforme explicam Novak e Cañas (2010)

A ideia fundamental na psicologia cognitiva de Ausubel é que a aprendizagem se dá por meio da assimilação de novos conceitos e proposições dentro de conceitos preexistentes e sistemas proposicionais já possuídos pelo aprendiz. Essa estrutura de conhecimento de um determinado aprendiz é também chamada de estrutura cognitiva do indivíduo (NOVAK; CAÑAS, 2010, p. 11).

Esta referida aproximação à estrutura cognitiva do aluno também pode ser relevante para o professor na elaboração da abordagem dos conteúdos por uma perspectiva histórica da construção do conhecimento científico e que permite explorar aspectos da natureza científica na discussão do episódio trabalhado. Nessa perspectiva, pode ser relevante para identificação

de obstáculos epistemológicos no processo de análise do estudante, como também para captar concepções deturpadas do fazer científico.

*d) A relevância da pergunta norteadora de análise (pergunta focal específica) para guiar o processo de filtragem das informações históricas na análise do episódio*

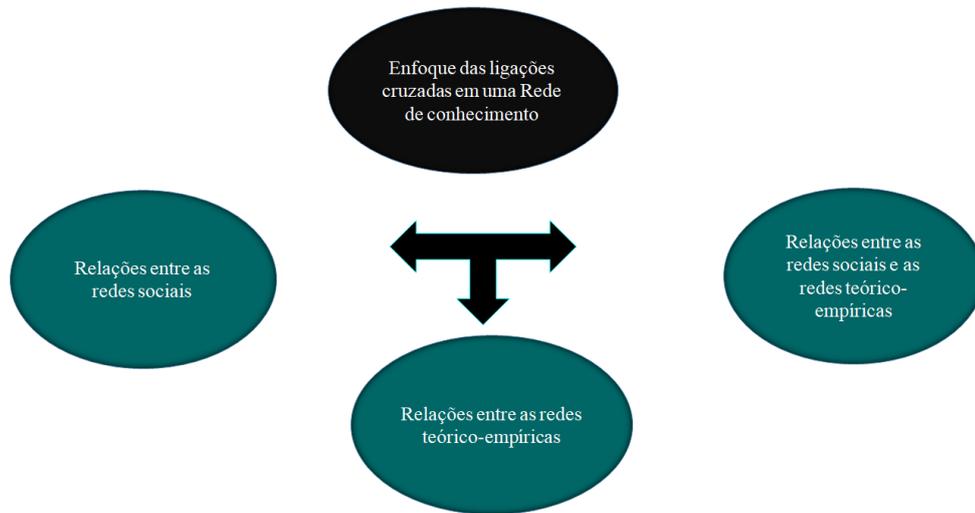
Como a estratégia *Redes de Conhecimento* possui uma pergunta específica que direciona a sua análise do episódio, observa-se que o mapa conceitual elaborado apresenta uma orientação específica de seleção das informações, bem como a disposição espacial de tais informações na referida rede construída. Dessa maneira, entende-se a utilidade didática desta pergunta focal para guiar o aluno na realização da atividade de análise do episódio, visto que tal questão explicita o enfoque principal da análise evidenciada pelas *Redes de Conhecimento* e possibilita condições para que o aluno (construtor da rede) não divague do enfoque que a análise apresenta.

*e) As ligações cruzadas como pontos de partida para a análise das relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas na rede construída*

As ligações cruzadas representam um importante aspecto da técnica de mapeamento conceitual e que pode auxiliar no processo de avaliação das relações elaboradas pelo construtor da rede em seu processo de análise do episódio. É uma importante característica dos mapas conceituais que pode ser relevante para a compreensão do amadurecimento analítico concernente à dinâmica evidenciada pelas relações entre os cientistas (as redes sociais), entre as redes teórico-empíricas, bem como entre tais redes sociais e as referidas redes teórico-empíricas analisadas no episódio.

Uma importante observação é que tais ligações cruzadas se evidenciam em *Redes de Conhecimento* elaboradas em concordância com a identidade estrutural da estratégia, como mostra a Figura 13:

Figura 13 - Esquema conceitual que apresenta o enfoque das ligações cruzadas nas *Redes de Conhecimento*.



Fonte: elaborada pela autora.

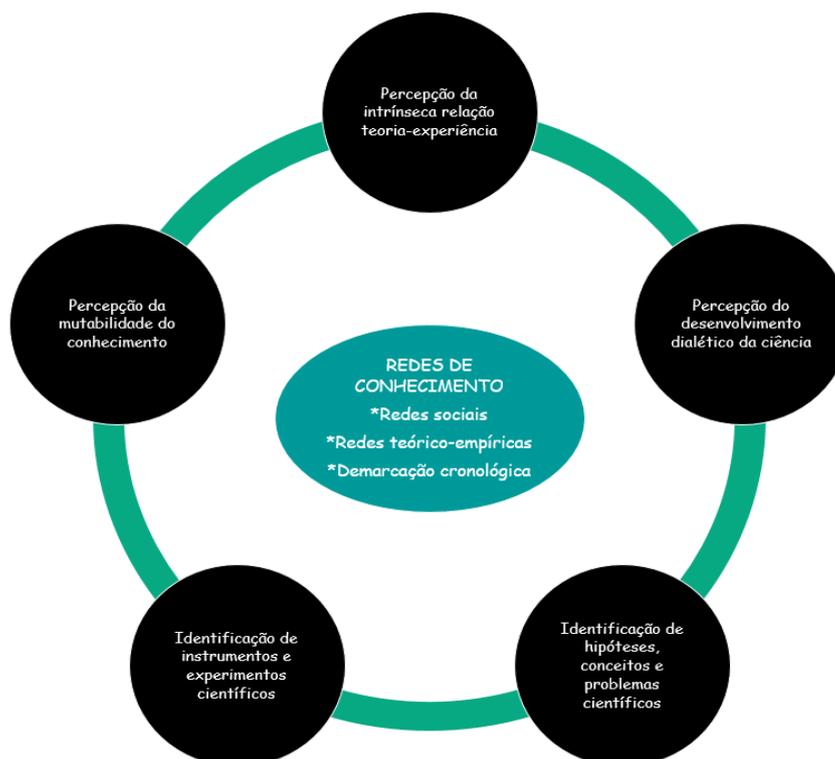
### 2.2.2.5 Especificidades das *Redes de Conhecimento* e suas potencialidades/limitações como estratégia de análise de episódios científicos

As relações sociais e teórico-empíricas explicitadas na análise se utilizando das *Redes de Conhecimento* evidenciam potencialidades didáticas para se abordar a HC no ensino, como também em explicitar discussões relacionadas à NdC. Tais potencialidades se demarcam em possibilitar que o aluno se foque e filtre com maior clareza interpretativa as relações sociais e teórico-empíricas em um determinado recorte histórico do campo científico. Desse modo, as *Redes de Conhecimento*, de modo geral, podem fornecer pontos de discussão referentes aos conteúdos científicos tanto em relação à HC, como também no que concerne às discussões epistemológicas do contexto científico.

As lentes cognitivas que as *Redes de Conhecimento* colocam sob a análise da HC possibilitam explorar aspectos da natureza científica, como a identificação de aspectos conceituais e empíricos da ciência, de modo a se possibilitar discussões envolvendo a relação entre o campo teórico e o campo empírico no desenvolvimento científico. Além do mais, devido à perspectiva temporal que as *Redes de Conhecimento* apresentam, pode-se abordar, na análise, a mutabilidade do conhecimento científico no episódio, bem como a percepção dialética que explicita o pensamento científico em seu desenvolvimento. Nesse sentido, a figura 14 apresenta

uma síntese dos principais enfoques de análise relacionados às discussões da NdC colocados pela referida estratégia analítica.

Figura 14 - Esquema conceitual ilustrando os principais enfoques de análise das *Redes de conhecimento*.



Fonte: elaborada pela autora.

A seguir serão apontadas algumas especificidades das *Redes de Conhecimento*.

*As Redes de Conhecimento como estratégia de análise de episódios:*

- Possibilitam a identificação das redes sociais e das redes teórico-empíricas em um determinado episódio histórico, como também permitem a seleção dos problemas, hipóteses e relações teórico-empíricas entre os cientistas.
- Evidenciam reflexões envolvendo as redes sociais e as redes teórico-empíricas, no sentido de explicitarem as linhas de pensamento científico ou grupos de conceitos que apresentaram ou não maior força heurística no recorte histórico do episódio analisado.

- A demarcação cronológica associada aos cientistas (redes sociais) é uma especificidade que possibilita abordar, na análise do episódio, as naturezas dialética, dinâmica/evolutiva e a razão objetiva (quanto à *racionalização da experiência*) da convergência epistemológica.
- Possibilitam a identificação da origem das ideias, conceitos e teorias, de modo a relacionarem com o carácter humano da ciência, no sentido que se articulam as redes dos cientistas com as redes teórico-empíricas do episódio abordado.
- As *Redes de Conhecimento* podem ser abordadas por diferentes enfoques epistemológicos da ciência.
- O espectro de análise apresentado pelas *Redes de conhecimento* refere-se às discussões dos conteúdos científicos por uma perspectiva histórica que considera as questões teórico-empíricas do campo científico analisado. Tal característica é oriunda da identidade teórica das *Redes de Conhecimento* e que também a limita em relação a sua abrangência de discussões concernentes à HFC.

*As Redes de Conhecimento pela perspectiva de aprendizagem:*

- Possibilitam um maior entendimento das relações sociais e teórico-empíricas dos conteúdos científicos em relação à discussão de episódios históricos. Neste sentido, propicia-se um entendimento envolvendo as hipóteses, ideias e problemas trabalhados pelos cientistas, aspectos empíricos explicitados considerados por uma perspectiva histórica da produção científica, podendo-se trabalhar um mapeamento estratégico da HC tanto pelo viés da aprendizagem (sendo útil para o estudante para mapear tais discussões no processo de análise do episódio), como também sendo relevante para o processo de planeamento do professor, no sentido que possibilita a seleção de aspectos do episódio para discussão em aula.
- Podem oportunizar uma perspectiva metacognitiva de aprendizagem dos conteúdos científicos e da História da Ciência no ensino.
- Valorizam a aprendizagem de conteúdos científicos por uma perspectiva metaconceitual, visto que possibilitam analisar aspectos da natureza da ciência em suas discussões.
- Evidenciam uma postura ativa do aluno no processo de aprendizagem.
- Favorecem uma maior clareza das relações entre os cientistas e os aspectos conceituais e empíricos, no sentido de se possibilitarem a compreensão da evolução científica por uma perspectiva histórica de sua construção e também associando o carácter humano da ciência à

dinâmica construtiva das redes sociais e as redes teórico-empíricas explicitadas no episódio analisado.

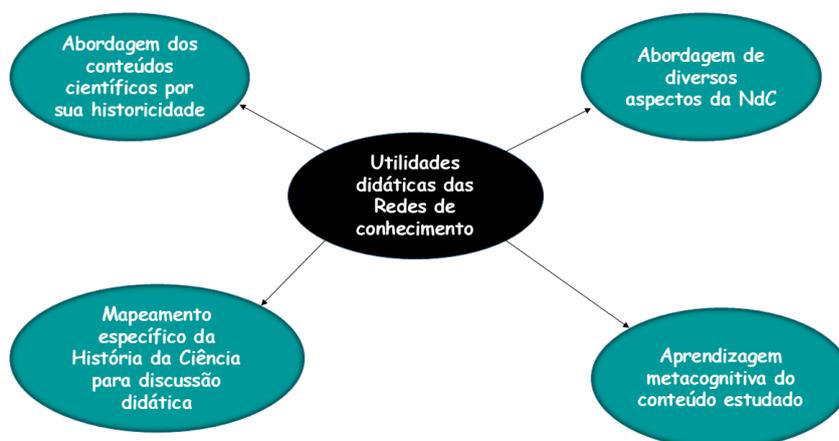
- Explicitam um mapeamento idiossincrático da História da Ciência para o aluno;
- Os passos metodológicos para construção das *Redes de Conhecimento* requerem atenção e cuidados no processo de análise, podendo assim se explicitar, para os alunos, como uma atividade “trabalhosa” e complexa.

*As Redes de Conhecimento pela perspectiva didática:*

- Possibilitam o desenvolvimento processual da técnica de mapeamento da História da Ciência no Ensino de Ciências (relevância para o campo da pesquisa, aprendizagem e ensino).
- Possibilitam a abordagem dos conteúdos científicos por uma perspectiva histórica do seu processo construtivo.
- Possibilitam abordar/selecionar aspectos da natureza científica contemporânea na análise do episódio (exemplos, a identificação dos problemas e hipóteses abordadas pelos cientistas em dada época, as relações entre o campo teórico e o campo empírico no desenvolvimento científico, a dinâmica das redes sociais e o desenvolvimento de suas redes teórico-empíricas).
- Possibilitam a identificação/discussão das relações sociais e teórico-empíricas do campo científico em determinado recorte histórico em relação à análise de episódios históricos para o planejamento das aulas;
- Possibilitam um mapeamento da História da Ciência para o professor em seu planejamento didático;

A figura 15, a seguir, tem a pretensão de sintetizar algumas das utilidades didáticas apresentadas pelas *Redes de Conhecimento* no âmbito do ensino de ciências.

Figura 15 – esquema conceitual que apresenta uma síntese das utilidades didáticas da estratégia *Redes de Conhecimento*.



Fonte: elaborada pela autora.

### 2.2.2.6 Etapas metodológicas para a construção da rede de conhecimento

A seguir apresentam-se as quatro etapas metodológicas norteadoras para a construção da rede de conhecimento, as quais se referenciam nos componentes teóricos da estrutura analítica (redes sociais, redes teórico-empíricas e linha cronológica).

A primeira etapa metodológica deve servir para o aluno organizar as informações, de modo a conseguir identificar e explicitar os cientistas, os conceitos gerais e os conceitos específicos, hipóteses, problemas, aspectos empíricos, no sentido de clarear as ideias para o aluno. Após este primeiro momento de identificação, tem-se uma etapa de distinção de ideias centrais. Tal processo de diferenciação será necessário para que o aluno possa buscar uma maior clareza conceitual em relação à estrutura da rede de conhecimento, de modo a distinguir e reorganizar cognitivamente tais conceitos, além de possibilitar, preliminarmente, a visualização das relações e aproximações entre tais eixos de discussão.

A segunda etapa metodológica tem como pretensão captar, no processo de análise do episódio, as principais relações sociais e teórico-empíricas (ou somente conceituais) explicitadas no recorte histórico.

A terceira etapa metodológica objetiva a delimitação cronológica do episódio, buscando demarcar, temporalmente, as relações explicitadas pela referida rede de conhecimento tendo como referência as redes de cientistas<sup>13</sup> (sociais) explicitadas no episódio.

É importante observar que as três primeiras etapas metodológicas podem ocorrer de modo concomitante, não exigindo exclusivamente uma perspectiva sequencial linear. Tal entendimento é compreendido como relevante, pois permite liberdade criativa ao processo de construção da rede de conhecimento do episódio analisado.

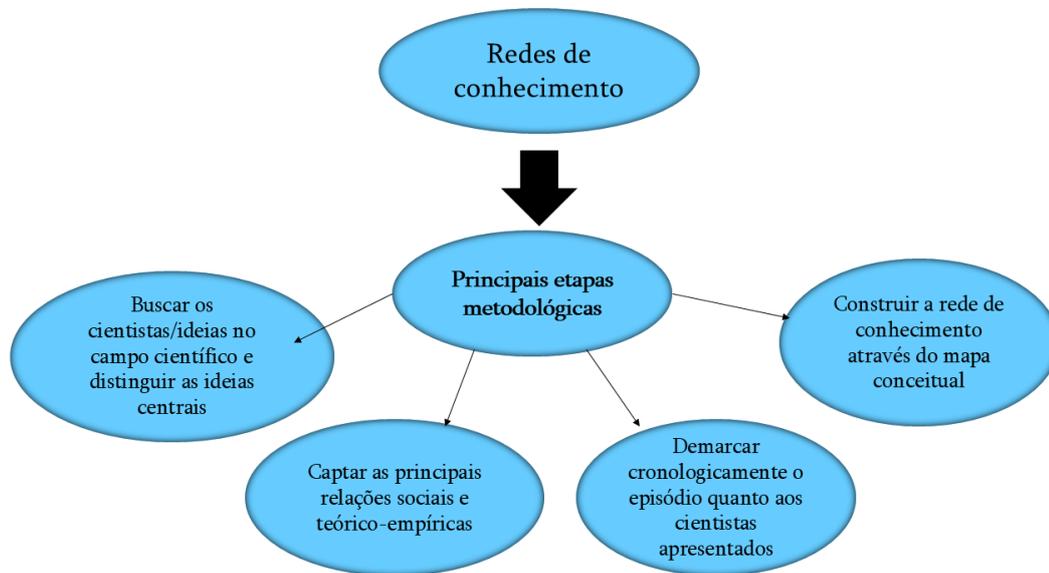
Como última etapa metodológica, tem-se o momento de construção do mapa conceitual (explicitação da rede de conhecimento) que contempla como pergunta focal a seguinte questão: *Quais as principais relações sociais e teórico-empíricas explicitadas neste episódio científico?* Em relação a esta etapa metodológica (construção do mapa conceitual), deve-se observar que o princípio da hierarquia conceitual no desenvolvimento da rede de conhecimento deve ser flexível quanto à perspectiva histórico-filosófica do episódio analisado. Tal observação é destacada pelo fato de que a dinâmica construtiva das ideias e conceitos científicos não ocorre de modo exclusivamente linear e cumulativo na História da Ciência; desse modo, a defesa de uma perspectiva hierárquica conceitual na construção do mapa conceitual deve ser compreendida valorizando tal entendimento.

Para a construção e desenvolvimento das *Redes de Conhecimento*, sugere-se o uso de alguma ferramenta computacional como o programa CmapTools do *Institute for Human & Machine Cognition (IHMC)*. A estrutura da rede de conhecimento deve envolver uma diferenciação de cores (com legenda descritiva) quanto às distinções entre as perspectivas cronológicas associadas às redes sociais no mapa conceitual. A figura 16, a seguir, apresentará uma síntese envolvendo as quatro etapas metodológicas apresentadas. Ainda, a título de exemplo, apresenta-se, na sequência, a rede construída pela autora a partir da análise do episódio *A história da eletricidade – a faísca*, e detalham-se aspectos da rede apresentados anteriormente.

---

<sup>13</sup> Sendo que a demarcação cronológica do cientista na rede de conhecimento deve ter como base o período temporal (ano, década, século) em que foram produzidas/desenvolvidas tais discussões no campo científico.

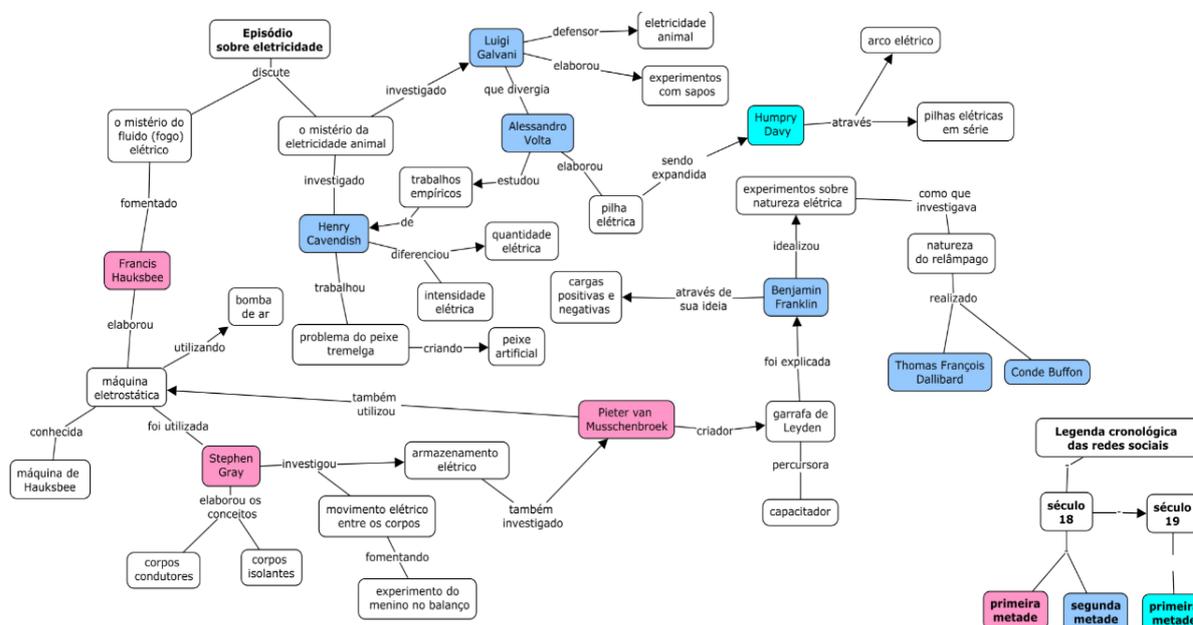
Figura 16 - Síntese das etapas construtivas das *Redes de Conhecimento*.



Fonte: elaborada pela autora.

Alguns exemplos de análise envolvendo o episódio - *A história da eletricidade – a faísca.*  
 (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=369s>)

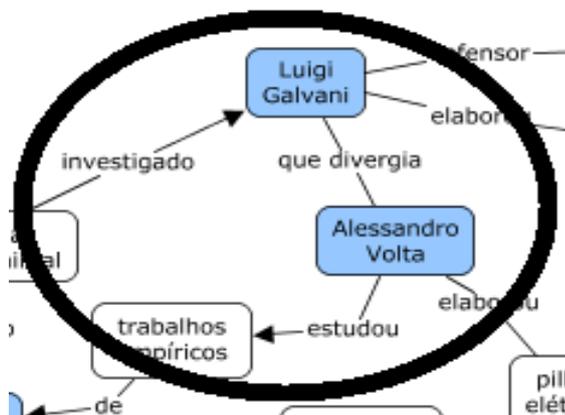
Figura 17 – Rede de Conhecimento do episódio *A história da eletricidade – a faísca.*



Fonte: elaborada pela autora.

### -Quanto à identificação de uma rede social

Figura 18 – Recorte da Rede de Conhecimento do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de rede social.

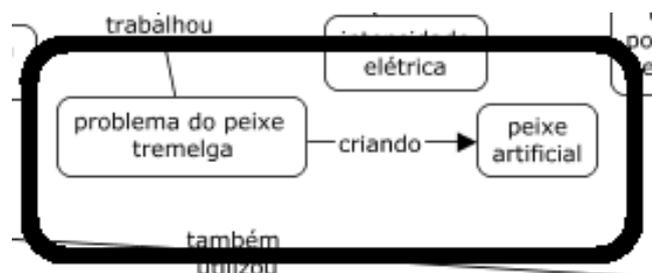


Fonte: elaborada pela autora.

Em poucas palavras, uma rede social refere-se aos cientistas apresentados no episódio científico analisado. Conforme o recorte apresentado acima (Figura 18), a rede social está identificada pelos cientistas (filósofos naturais) Luigi Galvani e Alessandro Volta.

### -Quanto à identificação de uma rede teórico-empírica

Figura 19 – Recorte da Rede de Conhecimento do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de rede teórico-empírica.

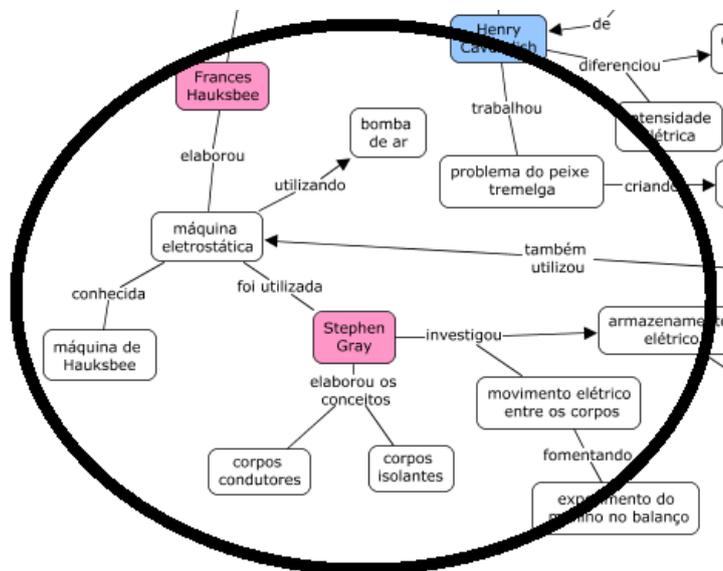


Fonte: elaborada pela autora.

De modo geral, uma rede teórico-empírica baseia-se nas relações entre conceitos (ideias, problemas, hipóteses etc.) e aspectos empíricos abordados no episódio. Como exemplifica o recorte acima (Figura 19), tem-se que o problema do peixe tremelga (aspecto teórico da rede teórico-empírica) se associa ao experimento envolvendo o peixe artificial (aspecto empírico da rede teórico-empírica).

### -Quanto às relações sociais e teórico-empíricas (ou somente conceituais)

Figura 20 – Recorte da Rede de Conhecimento do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo de relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas.

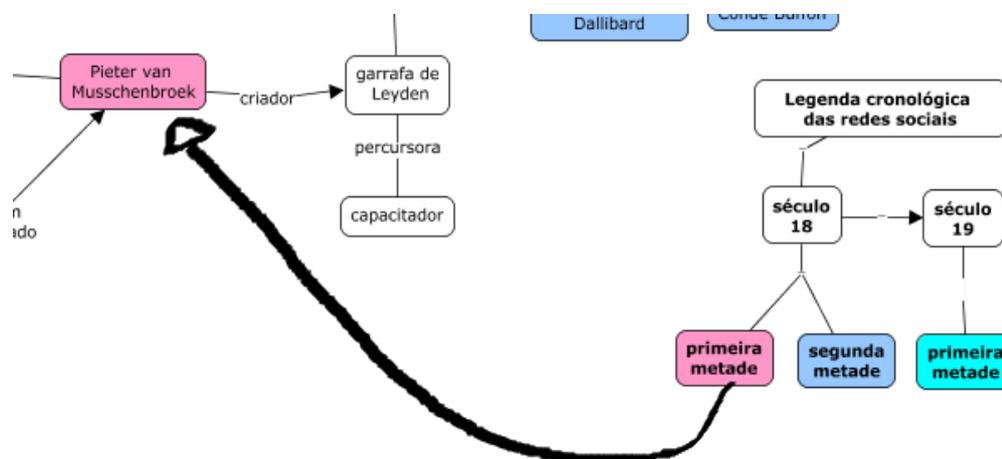


Fonte: elaborada pela autora.

Tais relações constituem-se em interações entre os cientistas (representantes das redes sociais) e as redes formadas pelos conceitos e aspectos empíricos (entendidas como redes teórico-empíricas) apresentados no episódio analisado. O recorte ilustrado acima (Figura 20) evidencia as relações sociais entre os cientistas (filósofos naturais) Frances Hauksbee e Stephen Gray em relação à utilização da máquina eletrostática, criada por Hauksbee, e utilizada por Stephen Gray na sua investigação envolvendo o problema do movimento da eletricidade entre os corpos.

#### **-Quanto à demarcação cronológica do episódio analisado**

Figura 21 – Recorte da Rede de Conhecimento do referido episódio com o intento de ilustrar um exemplo da legenda cronológica associada às redes sociais.



Fonte: elaborada pela autora.

A demarcação cronológica está, intrinsecamente, associada às demarcações temporais evidenciadas pelas redes sociais (cientistas). O exemplo apresentado acima (Figura 21) retrata o cientista (filósofo natural) Pieter van Musschenbroek pela cor rosa, a qual relaciona-se com a primeira metade do século XVIII (de acordo com a legenda de cores apresentada).

### 2.2.2.7 Ideias para as etapas iniciais de construção da rede de conhecimento

Por fim, com vistas a facilitar a compreensão da organização das ideias dos estudantes, sugere-se a organização dos quadros 12 e 13 para contribuir na realização das três etapas iniciais de construção da rede de conhecimento (Figura tal). Tais quadros têm a funcionalidade de servirem como ferramentas para organizar as ideias e informações selecionadas pelo estudante e facilitarem a categorização de tais informações, como as vinculadas às relações sociais, relações teórico-empíricas e a cronologia. Sendo assim, o quadro 12 é relevante para a identificação dos cientistas, demarcações cronológicas (associadas às redes sociais), aspectos conceituais e empíricos do episódio analisado. Já o quadro 13 tem a função de auxiliar a identificar as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas no episódio analisado.

Quadro 12 – construção dos componentes da rede de conhecimento.

Nomes dos cientistas	Demarcações cronológicas	Conceitos gerais/hipóteses e problemas discutidos	Conceitos específicos/ aspectos empíricos


Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 13 – Explicitação das relações sociais e teórico-empíricas da rede de conhecimento.

Relações sociais e teórico-empíricas	Demarcação cronológica (opcional)

Fonte: elaborado pela autora.

Essas ferramentas (quadros 12 e 13) também podem servir para o professor discutir o caráter metacognitivo da atividade, visto que tais ações de identificação e organização de informações contribuem para a atividade analítica do episódio, no sentido que propicia a decomposição, identificação, organização e categorização dos elementos centrais da análise, contribuindo para que o estudante tenha uma maior clareza em relação ao seu processo de construção de conhecimento.

Nesta próxima subseção será apresentada a estratégia didática analítica de proposta didática, qual fundamenta-se diretamente na referida convergência epistemológica discutida nesta tese.

## **2.2.3 APRESENTAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA ANALÍTICA DE PROPOSTA DIDÁTICA FUNDAMENTADA EM ARGUMENTOS CONVERGENTES DE BACHELARD E LAKATOS<sup>14</sup>**

### **2.2.3.1 Introdução**

Tem sido crescente o número de trabalhos na literatura especializada que aprofundam olhares reflexivos sobre a aplicação de propostas didáticas, no âmbito da educação científica, fundamentadas em aspectos da HFC (SILVA; TEIXEIRA; PENIDO, 2018; REIS; KIOURANIS, 2018; MACÊDO; ALVES; BARROSO, 2020; SOUZA et al., 2021; SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020; SILVA; MARTINS, 2019; OLIVEIRA; DRUMMOND, 2015; HIDALGO, 2019). Nas duas últimas décadas fortaleceu-se a defesa de que o Ensino de Ciências deve considerar os componentes metacientíficos que perpassam a natureza científica contemporânea de tais conteúdos (BOARO; MASSONI, 2018; HENKE HÖTECKE, 2015; MATTHEWS, 2014; HIDALGO, 2019). Reis e Kiouranis (2018) refletem que tal linha de pesquisa se encontra consolidada e em uma perspectiva de avanços no contexto dos estudos de pós-graduação; no entanto, ainda carece de uma ênfase em proposições concretas nos contextos de formação docente e educação básica.

Os estudos envolvendo interfaces entre a HFC e a DdC denotam um importante amadurecimento da área na literatura (ARCHILA, 2015; FORATO, 2009; FORATO et al., 2011; HENKE; HÖTTECKE, 2015; MARTINS, 2006; MATTHEWS, 2014; NIAZ, 2011; NIAZ, 2009; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; PIZZATO, 2010; REIS; KIOURANIS, 2018; SCHIRMER; SAUERWEIN, 2014; PENA; TEIXEIRA, 2013; BOARO, 2017; NASCIMENTO; CARVALHO; SILVA, 2017; SANTOS; SANTANA; SILVEIRA, 2017; BOARO; MASSONI, 2018; VITAL; GUERRA, 2014; CACHAPUZ et al., 2001). Trabalhos como de Forato, Martins e Pietrocola (2011) trazem parâmetros e discussões sobre como ensinar conteúdos histórico-filosóficos no contexto escolar das aulas de ciências.

Por outro lado, embora se tenha expandido o número de trabalhos que apresentam propostas didáticas fundamentadas na HFC com enfoque para as discussões referentes às complexidades de transposição didática e adequação aos propósitos didáticos e pedagógicos no Ensino de Ciências (um exemplo da área de Ensino de Física: SILVA; TEIXEIRA; PENIDO, 2018), percebe-se que a perspectiva de formação inicial e continuada de professores de ciências abarca um conjunto de obstáculos e limitações em relação à qualificação da HFC no processo

---

<sup>14</sup> Este texto será apresentado no formato de manuscrito desta tese.

formativo docente (FORATO, 2009). Nesse enfoque, tem-se também que a elaboração de estratégias didáticas que propiciem a reflexão de aspectos da HFC em recursos e materiais didáticos para o enfoque da formação docente da área de ciências - no sentido de se explorar formas de se ensinar tais conteúdos metacientíficos para orientar o iniciante à docência em uma perspectiva didático-epistemológica do fazer docente - ainda é pouco explorada, conforme refletem Boaro e Massoni (2018).

Desse modo, compreendendo a relevância em se propiciar e explorar alternativas para que o iniciante à docência tenha a oportunidade de aprender sobre abordagens fundamentadas na HFC em seus momentos formativos durante a graduação, defendemos que o licenciando possa ter contato e vivenciar, através de diferentes bases teórico-empíricas da natureza científica contemporânea, formas de como se ensinar e utilizar didaticamente tais conteúdos metacientíficos no planejamento de suas futuras aulas de ciências.

Nesse sentido, pretende-se, neste texto, apresentar uma *Estratégia Didática Analítica Discursiva de Proposta Didática*<sup>15</sup>, que se fundamenta em elementos da HFC expressados pelas quatro *naturezas (dinâmica e evolutiva, dialética, razão objetiva e normatividade)* oriundas de uma convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos (MACHADO, 2018). Tal estratégia de análise tem a intenção de auxiliar o professor de ciências no processo de identificação/análise de aspectos e discussões epistemológicas do fazer científico, bem como aspectos e discussões didáticas referentes ao fazer docente na análise da proposta didática trabalhada.

A seguir serão trazidas algumas discussões da literatura referentes ao intento de implementar aspectos/questões e características da natureza científica no Ensino de Ciências.

### **2.2.3.2 Algumas discussões da literatura sobre HFC no Ensino de Ciências**

Considerando os estudos presentes na literatura especializada envolvendo a NdC no âmbito da educação científica, tem sido cada vez mais crescente o entendimento de que o Ensino de Ciências deve considerar os seus aspectos metacientíficos<sup>16</sup>, que permeiam esta área

---

<sup>15</sup> Observa-se que esta estratégia também será chamada, nesta tese, como *Estratégia Discursiva de Proposta Didática* ou *Estratégia Didática de Análise de Proposta Didática*.

<sup>16</sup>Tal entendimento não se isenta de um aglomerado complexo de discordâncias e questionamentos na literatura especializada em relação às abordagens e aspectos da NdC possíveis de serem utilizados no âmbito da educação científica (ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; LEDERMAN et al., 2002; MENDONÇA, 2020; GARCIA-CARMONA, 2021; MOURA, 2014; MARTINS, 2015; RODA; MARTINS, 2021).

de ensino. Observa-se atualmente uma literatura especializada que vem amadurecendo e explorando interfaces entre os estudos da HFC e o campo da DdC principalmente no que tange as duas últimas décadas (ARCHILA, 2015; MATTHEWS, 1995; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; MARTINS, 2007; PIZZATO, 2010; LOGUERCIO; DEL PINO, 2007; NIAZ, 2009; FORATO, 2009). Alguns consensos apontados em trabalhos que abordam tais interfaces são: o entendimento de que a História da Ciência pode ser relevante para a discussão de aspectos da NdC no Ensino de Ciências (MARTINS, 2006; BOARO, 2017; VILAS BOAS et al., 2013; FORATO, 2009); os conhecimentos da NdC são entendidos como elementos estruturantes da alfabetização científica<sup>17</sup>; a defesa de que a formação de professores de ciências necessita ter uma sustentação teórico-metodológica da HFC, no sentido de se valorizar uma educação científica com significado e criticidade no que se referem aos seus processos de ensino e aprendizagem (MARTINS, 2007).

Tal amadurecimento da área se evidencia, em grande parte, no que se refere ao aumento de trabalhos na literatura que se preocupam com a apresentação e discussão de propostas didáticas e estratégias relacionadas, que se utilizam da HFC no Ensino de Ciências tanto no âmbito de formação docente como na perspectiva da educação básica. No entanto, por outro lado, algumas pesquisas refletem que a forma de se ensinar HFC no âmbito de formação de professores tem evidenciado pouca relevância para os futuros professores em suas práticas docentes (BOARO; MASSONI, 2018; SANTOS; SANTANA; SILVEIRA, 2017; HENKE; HÖTTECKE, 2015). Boaro e Massoni (2018), em sua pesquisa que investigou a utilização de elementos da HFC no estágio supervisionado de uma universidade pública, expõem discussões envolvendo possíveis razões e questões que levam (ou não) os iniciantes à docência a utilizar a HFC na preparação de suas aulas. Tais autores recomendam que é necessário explorar novas estratégias e ideias sobre as formas de se ensinar HFC na formação docente da área de ciências (com enfoque para o Ensino de Física).

[...] é fundamental assumir nessas disciplinas **atividades e estratégias didáticas diferenciadas que tenham como objetivo um contato maior, mais significativo dos licenciandos com a HFC e**, por consequência, incitem reflexões que possam resultar, além de um melhor entendimento, no desenvolvimento de em uma atitude positiva em relação **às implicações práticas que discussões em torno da NdC podem trazer quando são efetivamente levadas para as salas de aula**. Estamos convencidos de que é essencial desenvolver nos futuros professores **pré-disposição para que tentem utilizar a HFC como estratégia didática nas aulas de Física**; contribuindo também para uma melhor reflexão e **preparação sobre “como fazer”**

---

<sup>17</sup>Este consenso é explicitado em muitas reformas educacionais e em documentos orientadores da área de Ensino de Ciências em contexto nacional e internacional (MARTINS, 2006; JENKINS, 2013; GARIK et al., 2015; YACOUBIAN, 2015).

**para transpor, como operacionalizar esses elementos articulados aos conteúdos específicos** (BOARO; MASSONI, 2018, p. 137, grifo nosso).

Percebe-se a necessidade de se explorar novas abordagens e estratégias didáticas que tornem acessíveis e apropriadas didático-pedagogicamente tais conteúdos metacientíficos na perspectiva de sala de aula (FORATO, 2009; GUARNIERI; GATTI, 2015; FERREIRA; CUSTÓDIO, 2021; GUARNIERI, 2018; HIDALGO, 2019; MACEDO; ALVES; BARROSO, 2020). Cabe salientar que o uso da HFC no ensino abarca considerável complexidade, principalmente, no que se refere à utilização didática da HFC no ensino e sua apropriação empírica nas aulas de ciências (FORATO, 2009) levando a importantes problemáticas, como exemplos, as mediações didático-pedagógicas que necessitam tais conteúdos metacientíficos no contexto empírico das aulas de ciências e a problemática concernente à abordagem de uma aprendizagem processual e dinâmica que requerem tais conteúdos no âmbito da formação docente, entre outras questões associadas (FORATO, 2009; BOARO; MASSONI, 2018; SILVA; MARTINS, 2019).

Boaro (2017) expõe, em sua dissertação de mestrado, uma densa revisão de literatura quanto às dificuldades e obstáculos para implementar táticas didáticas orientadas por bases da HFC mencionadas na literatura.

De maneira geral, as principais dificuldades e obstáculos para inserção de estratégias didáticas norteadas por elementos da HFC citadas na literatura, podem assim ser resumidas: **dificuldade na leitura e interpretação dos textos** (Arthury & Peduzzi, 2013; Moneiro & Martins, 2015; Vital & Guerra, 2014; Zanotello, 2011), **reações contrárias às inovações didáticas** (Höttecke & Silva, 2011; Vital & Guerra, 2014), **escassez de fontes de consulta e materiais didáticos apropriados** (Höttecke & Silva, 2011; Moneiro & Martins, 2015; Morais & Guerra, 2013; Raposo, 2014; Schirmer & Sauerwein, 2014; Silva & Moraes, 2015; Vital & Guerra, 2014); **inadequação do tempo didático** (Höttecke & Silva, 2011; Monteiro & Martins, 2015; Morais & Guerra, 2013; Raicik & Peduzzi, 2015b; Silva & Moraes, 2015; Vital & Guerra, 2014) e **a insuficiência na formação do professor quanto à HFC** (Drummound et al., 2015; Höttecke & Silva, 2011; Massoni, 2010; Moneiro & Martins, 2015; Morais & Guerra, 2013). Na linha dos obstáculos, Massoni (2010) adverte que embora as concepções dos professores sejam, em geral, satisfatoriamente transformadas na graduação, os professores chegam à sala de aula do EM sem saber “como operacionalizar” suas próprias crenças (agora transformadas) e que é preciso avançar na formação de professores; Höttecke e Silva (2011) apontam que ensinar e aprender com a HFC tem sido, e continua a ser, uma estratégia apoiada por educadores da área; e por documentos padrões de educação científica em muitos países, **mas a abordagem ainda é ineficaz no ensino de ciências na escola** (BOARO, 2017, p. 27, grifo do autor).

Algumas das principais problemáticas discutidas na literatura quanto ao Ensino de Ciências e, mais especificamente, à formação de professores remete a influências de concepções epistemológicas oriundas da epistemologia tradicional enraizadas na prática docente (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; HENKE; HÖTTECKE, 2015; FORATO, 2009; PIZZATO,

2010; MARTINS, 2007). Nesse sentido, o trabalho de Boaro (2017) defende a necessidade de um cuidado mais atento ao enfoque das discussões epistemológicas do fazer científico do que em relação aos aspectos da HC no contexto da formação inicial de professores de física.

Concluimos que **precisa ser dada uma atenção especial aos conhecimentos epistemológicos durante a formação inicial, maior do que os de História da Ciência**, e que **algumas estratégias diversificadas** podem contribuir para que os futuros **professores se sintam mais confortáveis e seguros para promover essas discussões** (BOARO, 2017, p. 3, grifo nosso).

A conclusão do autor possivelmente se relacione a uma das principais defesas da epistemologia lakatosiana “A Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia; a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega” (LAKATOS, 1993, p.134, tradução nossa), na qual Lakatos, parafraseando Kant, reflete sobre a necessidade constante de uma relação dialética entre a História da Ciência e as lentes da Filosofia da Ciência. Desse modo, entende-se que a ênfase em conteúdos da HC na formação sem valorizar o diálogo com as diferentes teses epistemológicas contemporâneas sobre o fazer científico limita a qualidade das discussões da HC na formação de tais iniciantes à docência, e também pode favorecer a exposição de concepções equivocadas sobre o fazer científico nas narrativas de tais recortes da História da Ciência.

Forato (2009) discute também sobre a dificuldade de transpor os conteúdos da HFC no âmbito da educação básica, no entanto, deve-se frisar que a pesquisa de Forato não se focou necessariamente no contexto de formação docente, mas sim na complexidade de transpor conteúdos metacientíficos para o saber escolar na perspectiva do ensino médio. A tese de Forato (2009) tem como um dos seus principais produtos emergentes de sua investigação, um conjunto de critérios e parâmetros que são oriundos das reflexões teórico-empíricas de sua pesquisa referentes à aplicação de conteúdos metacientíficos no contexto escolar da educação básica.

Em uma perspectiva de formação inicial de professores da área de Física, Silva e Martins (2019), em pesquisa envolvendo o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) em relação à aprendizagem de aspectos da NdC, sugerem

Os resultados obtidos nos permitiram perceber alguns elementos que facilitaram ou dificultaram a mobilização do PCK/NdC do grupo investigado. Por exemplo, **a complexidade e o ineditismo destas temáticas nos cursos de formação de professores** de Física apresentou-se como um fator **que dificultou a produção de estratégias didáticas para o ensino de aspectos da NdC**, causando receios nos futuros professores, principalmente, no que diz respeito às suas próprias imagens diante dos estudantes da Educação Básica ao receberem essas novas propostas. Arelado a isso, o pouco conhecimento do contexto, ou seja, o lócus de trabalho dos professores, pois **o grupo investigado não apresentava experiências didáticas na sala de aula**, propriamente dita, dificultou a estruturação de conhecimentos de

estratégias didáticas para o ensino de aspectos da NdC e, conseqüentemente, do PCK/NdC. A partir das análises realizadas, embora os licenciandos investigados ainda estejam na fase de amadurecimento dos seus PCK/NdC, **sugerimos que os cursos de formação inicial direcionem outro olhar para a questão de como os licenciandos mobilizam os conhecimentos necessários** para o ensino de conteúdos metacientíficos e, por conseqüência, seus PCK/NdC. Uma saída, emergente da nossa investigação, seria **a inserção de mais práticas cooperativas e reflexivas na formação destes professores** (SILVA; MARTINS, 2019, p. 735-736, grifo nosso).

As discussões pontuadas por Silva e Martins (2019) expõem as dificuldades concernentes à implementação de aspectos da NdC no processo formativo de professores em relação à constituição dos seus PCK/NdC. Tais questões se relacionam a problemáticas tanto envolvendo o distanciamento entre disciplinas específicas e as de cunho didático-pedagógico em cursos de formação, como também às influências da epistemologia tradicional ainda muito enraizadas nas concepções de professores em formação continuada (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; HENKE; HÖTTECKE, 2015; FORATO, 2009; PIZZATO, 2010; SCHIRMER; SAUERWEIN, 2014; MARTINS, 2007).

Desse modo, compreendendo a relevância de se fomentar estratégias e propostas para o ensino de aspectos da NdC no âmbito da formação de professores de ciências, defende-se neste texto que estratégias de análise de proposta didática fundamentadas em pressupostos da HFC são pertinentes para contribuir com a rotina de professores em formação inicial e continuada, no sentido que podem fornecer subsídios/elementos que possibilitem aos docentes analisarem propostas didáticas fundamentando-se em lentes oriundas da História e Epistemologia da Ciência.

Dando prosseguimento, na próxima seção, será apresentada a *Estratégia Discursiva de Proposta Didática* juntamente com os seus respectivos critérios determinados.

### **2.2.3.3 Estratégia Didática Analítica Discursiva de Proposta Didática fundamentada na convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos**

A convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos apresenta como ponto central a perspectiva epistemológica da História da Ciência definida e defendida por tais filósofos através de suas quatro *naturezas* (*dinâmica e evolutiva, dialética, razão objetiva e normatividade*). Estas *naturezas* refletem não só o olhar historiográfico de tais autores, mas se relacionam à compreensão da dinâmica construtiva do próprio pensamento científico. Nesse sentido, verificam-se elementos teóricos-argumentativos, *tecituradas de ideias*, aderentes não apenas à própria NdC, como também ao contexto da educação científica.

Observa-se que os critérios de análise desta estratégia se direcionam a olhar epistemologicamente a apresentação/discussão da proposta didática em relação aos conteúdos científicos, ao formato da atividade delineada na sequência didática e ao processo de aprendizagem envolvido na proposta.

A seguir, apresentam-se os critérios de análise referenciados nas respectivas *naturezas* da convergência epistemológica.

*a) natureza dinâmica e evolutiva*

*1) perspectiva processual, mutável e/ou conjectural do conhecimento científico:*

O conteúdo foco da proposta didática em análise é abordado explicitando um entendimento do conhecimento científico por um desenvolvimento processual, ou seja, considerando uma perspectiva de longo prazo, necessária para a dinâmica construtiva da ciência, que se explicita tanto por momentos de rupturas e descontinuidades, como de períodos de amadurecimento teórico-metodológicos. Valoriza-se também a abordagem do conteúdo por um entendimento mutável em relação à dinamicidade de seu processo construtivo, além de valorizar uma concepção do conhecimento por um viés conjectural, compreendendo a relevância das incertezas no processo de construção das ideias, teorias e experiências científicas.

*2) diálogo e contraste de ideias em períodos históricos distintos:*

O conteúdo é explicitado apresentando o contexto de diálogo e contraste de ideias entre os cientistas, no sentido de se gerar a resignificação e o aprofundamento de ideias, teorias e métodos em períodos históricos diferentes, de modo a evidenciar, no desenvolvimento da ciência, associações envolvendo a utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em épocas distintas.

*3) desenvolvimento processual e dinâmico da aprendizagem:*

Esta perspectiva processual e dinâmica se refere à importância de se abordar de forma estratégica as ideias dos alunos para se debater de modo significativo o contexto de aprendizagem, buscando utilizar tais ideias nos variados formatos de atividades da proposta e as compreendendo como elemento principal de interconexão dos conteúdos a serem trabalhados pelo professor. Sendo assim, a proposta didática explicita um desenvolvimento processual e dinâmico de aprendizagem, ou seja, faz uso das ideias dos alunos através de atividades que ocorrem a longo prazo e busca transformar tais ideias quanto aos debates propostos.

#### *4) utilização da História da Ciência:*

O processo de elaboração da atividade/proposta didática compreende a necessidade de abordar os conteúdos considerando a utilização da História da Ciência em sua estrutura, como também fomentar atividades para o aluno refletir e/ou debater aspectos envolvendo os conteúdos científicos por uma perspectiva histórico-filosófica da ciência.

##### *b) natureza dialética*

###### *1) pluralidade, diálogo e contraste de ideias em determinado período histórico:*

O conteúdo é abordado contemplando uma perspectiva plural em que envolve o diálogo e contraste de ideias entre os cientistas em um mesmo período histórico, valorizando um cenário de utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas debatidos em uma mesma época.

###### *2) diálogo entre o campo teórico e o campo empírico:*

O conteúdo é abordado considerando uma perspectiva de diálogo entre o campo teórico e o campo empírico envolvendo o desenvolvimento científico. Tal compreensão relaciona-se ao entendimento de que tanto o campo teórico (hipóteses, teorias, ideias, ...) como o campo empírico (experimentos, uso de instrumentos, criação, produção e aplicação de equipamentos, ...) necessitam dialogar entre si para que emane o desenvolvimento científico com integralidade.

###### *3) posicionamento e discussão sobre as ideias trabalhadas:*

A atividade planejada explicita a exigência que o aluno se posicione e discuta criticamente as questões levantadas. Tal imperativo compreende a relevância de se propiciar momentos de contraste e debates em que o aluno exponha suas ideias/argumentos e as discuta com o grupo em sala de aula.

##### *c) natureza razão objetiva*

###### *1) explicitação dos problemas investigados no campo científico:*

A abordagem do conteúdo se preocupa em apresentar os problemas investigados pelos cientistas em determinado período histórico, no sentido de se buscar minimizar a perspectiva apromblemática do campo científico.

2) *identificação e/ou esclarecimento de conceitos científicos estruturantes:*

A abordagem do conteúdo/proposta se preocupa em trabalhar a identificação e/ou esclarecimento de conceitos científicos estruturantes, no sentido de valorizar discussões que permitam identificar os conceitos e ideias-chave apresentadas na aula.

3) *aspectos empíricos orientados por lentes teóricas (Racionalização da experiência):*

O conteúdo é apresentado preocupando-se em valorizar as discussões empíricas norteadas por lentes do campo teórico, além de também valorizar o entendimento de que novas racionalizações /ideias/conceitos podem emergir de discussões empíricas.

4) *reorganização e síntese das ideias trabalhadas:*

A atividade evidencia a necessidade do aluno reorganizar e sintetizar as ideias discutidas com o intuito de promover maior clareza das concepções dos discentes e um melhor entendimento do tema proposto.

5) *a explicitação de ideias, fomento de novas perguntas e formulação de hipóteses:*

A atividade elaborada compreende a necessidade do aluno formular novas perguntas e hipóteses em busca da clareza das ideias, através de momentos de explicitação das concepções dos alunos.

*d) natureza Normatividade*

*1) critérios, normas e regras adotadas ou propostas no campo científico*

O conteúdo apresentado se preocupa em explicitar as regras, normas e critérios (sendo entendidas como ferramentas de avaliação, padronização e orientação do conhecimento) adotados no campo científico e que permitem associá-lo aos princípios do conhecimento científico.

A seguir apresenta-se, no Quadro 14, o roteiro que se fundamenta nos critérios de análise apresentados neste artigo.

Quadro 14 – roteiro de análise de proposta didática.

Roteiro de análise de proposta didática
<i>Natureza dinâmica e evolutiva</i>
<p>E1) O conteúdo é abordado de modo a considerar uma perspectiva processual, mutável e/ou conjectural do conhecimento científico.</p> <p>E2) O conteúdo é abordado mostrando o diálogo e contraste de ideias envolvendo cientistas que viveram em períodos históricos diferentes.</p> <p>E3) A proposta didática explicita um desenvolvimento processual e dinâmico de aprendizagem.</p> <p>E4) A atividade/proposta considera a História da Ciência.</p>
<i>Natureza Dialética</i>
<p>D1) O conteúdo é abordado contemplando uma perspectiva plural de ideias em que envolve o diálogo e contraste de ideias entre os cientistas em um mesmo período histórico.</p> <p>D2) O conteúdo aborda uma perspectiva de diálogo entre o campo teórico e o campo empírico envolvendo o desenvolvimento científico.</p> <p>D3) A atividade necessita que o aluno se posicione e discuta sobre as ideias trabalhadas.</p>
<i>Natureza Razão objetiva</i>
<p>R1) O conteúdo é abordado mostrando os problemas investigados pelos cientistas.</p> <p>R2) O conteúdo abordado / a atividade possibilita a identificação e/ou o esclarecimento de conceitos científicos estruturantes.</p> <p>R3) O conteúdo é abordado mostrando aspectos empíricos orientados por lentes teóricas.</p> <p>R4) A atividade necessita que o aluno realize uma reorganização e síntese das ideias trabalhadas.</p> <p>R5) A atividade se preocupa em estimular a explicitação das ideias dos alunos, bem como fomentar novas perguntas e a formulação de hipóteses para discussão.</p>
<i>Natureza Normatividade</i>
<p>N1) O conteúdo é abordado explicitando regras/critérios claros que permitem associá-lo ao conhecimento científico.</p>

Fonte: elaborada pela autora.

#### 2.2.3.4 Reflexões finais sobre a estratégia didática de análise de proposta didática

Este texto buscou apresentar uma estratégia de análise de proposta didática para o Ensino de Ciências, que se fundamenta em uma convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos em relação à natureza epistêmica da HC. Inicialmente, apresentou-se uma discussão introdutória envolvendo as discussões referentes à NdC no âmbito da

educação científica, para em um momento posterior, abordar os critérios analíticos que identificam a referida estratégia de análise.

Por fim, espera-se que tal estratégia didática de análise possa contribuir com as demandas associadas aos debates sobre como ensinar aspectos da natureza científica contemporânea no contexto de formação de professores de ciências.

---

Dando prosseguimento ao texto, será apresentado a seguir o capítulo referente às discussões metodológicas desta pesquisa em nível de doutoramento.

### 3 DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

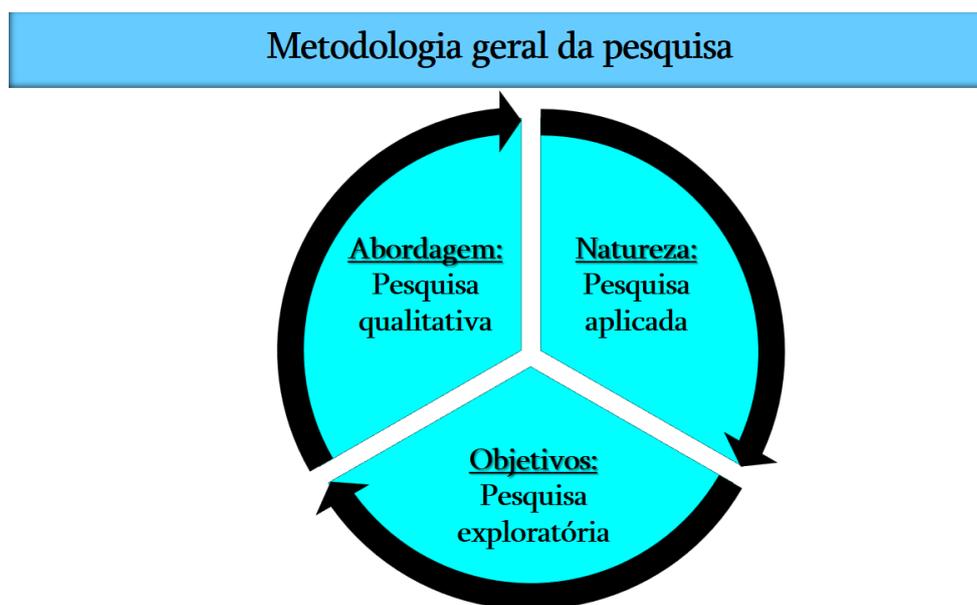
*Como montar um quebra-cabeça, onde cada peça possui uma identidade própria, mas o seu entender se constrói na interação entre todas elas, em uma dança que é preciso entender e conhecer ao mesmo tempo (reflexão da autora quanto à metodologia do momento teórico-empírico desta tese).*

#### 3.1 Estrutura metodológica geral da pesquisa

Quanto aos delineamentos metodológicos gerais desta pesquisa, tem-se uma abordagem qualitativa pelo fato de nosso enfoque nesta investigação pretender analisar a compreensão dos estudantes sobre as discussões da pesquisa e nesse sentido minimiza-se a ênfase na quantificação como abordagem principal da referida investigação. Em outras palavras, esta pesquisa identifica-se como qualitativa no sentido de buscar compreender, responder e explicar o problema de pesquisa com ênfase no entendimento dos significados entrelaçados na respectiva teia de investigação, de modo a valorizar “[...] o respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32).

Quanto à natureza, é compreendida como uma pesquisa aplicada, visto que “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 35). E em relação aos objetivos, esta investigação insere-se como uma pesquisa exploratória, no sentido de intencionar “[...] proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 35). A figura 22 apresenta uma síntese de tais aspectos metodológicos gerais da pesquisa.

Figura 22 – Síntese dos principais aspectos metodológicos gerais da pesquisa.



Fonte: elaborada pela autora.

Esta pesquisa estrutura-se em dois momentos distintos, de maneira a objetivar inicialmente um aprofundamento teórico, bibliográfico e discursivo, tendo como intuito posterior adentrar o contexto da Didática das Ciências envolvendo as potencialidades reflexivas construídas pela pesquisa para este campo de investigação. Cabe salientar que o desenvolvimento da referida pesquisa somente ocorreu após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

De maneira geral, o primeiro momento consiste em duas etapas, sendo que a primeira etapa baseia-se no desenvolvimento do estado da arte envolvendo a História e Epistemologia da Ciência relacionada no contexto da Didática das Ciências. Como também, objetivou-se realizar aproximações teóricas entre a convergência epistemológica e a Didática das Ciências, tais como:

- ❖ Explicitação e avaliação das ideias dos alunos;
- ❖ Conteúdos científicos;
- ❖ Metodologia de ensino.

Quanto à segunda etapa deste primeiro momento da pesquisa, explora-se a investigação concernente às associações entre os aspectos da referida convergência epistemológica com os episódios em Ciências e com o conceito de *Redes de Conhecimento*, com vistas à elaboração de estratégias didáticas para a formação de professores de ciências.

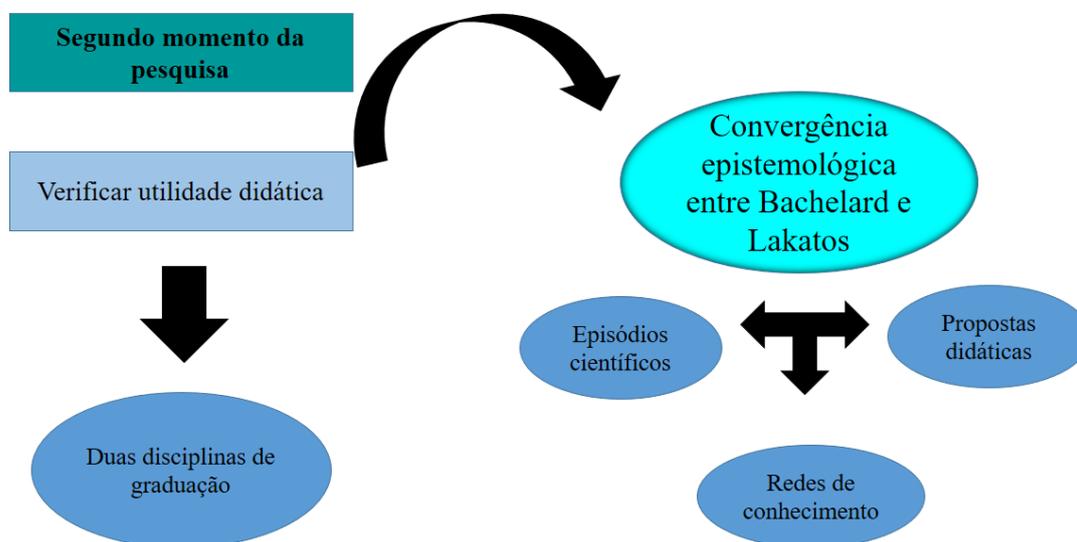
Salienta-se que este primeiro momento da pesquisa tem natureza teórica e abordagem qualitativa, com cunho bibliográfico/documental (devido às fontes primárias) e discursivo quanto ao processo de escrita envolvendo as reflexões deste primeiro momento. Segundo Massoni e Moreira (2017), a pesquisa qualitativa se caracteriza pela seguinte perspectiva

[...] considera a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. É descritiva, interpretativa, utiliza o método indutivo e foca principalmente no processo e nas perspectivas dos atores sociais envolvidos (professores, alunos, administradores, colaboradores, etc.). Estudos qualitativos examinam em profundidade e em extensão os modos e padrões dos fenômenos. Esta abordagem utiliza como procedimentos de coletas de dados mais comuns: entrevistas em profundidade, observações em suas diversas modalidades, grupos focais, questionários com perguntas abertas, isto é, com características menos rígidas e mais fluidas comparados aos questionários padronizados da pesquisa quantitativa (MASSONI; MOREIRA, 2017, p. 53).

Em relação ao segundo momento (possuindo enfoque teórico-empírico) desta pesquisa, buscou-se verificar a utilidade didática dos produtos elaborados nesta investigação no primeiro momento (enfoque exclusivamente teórico) em duas disciplinas de graduação. Mais especificamente, foi realizado um conjunto de intervenções didáticas em duas disciplinas dos cursos de graduação de duas instituições federais de ensino superior. Sendo que a disciplina intitulada História e Epistemologia da Ciência (HEC) da instituição federal A é pertencente ao curso de licenciatura em Ciências Exatas e a disciplina Filosofia e Didática das Ciências (FDC) da instituição federal B é pertencente ao curso de licenciatura em Ciências da Natureza. Tais intervenções ocorreram no formato Ensino Remoto Emergencial, devido a pandemia de Covid-19.

Salienta-se, ainda, que tais intervenções didáticas utilizaram as relações teóricas entre a convergência epistemológica envolvendo as perspectivas de análise de episódios e de proposta didática, e a articulação entre a referida convergência e o conceito de *Redes de Conhecimento* em sala de aula. A figura 23 apresenta um resumo dos principais pontos do segundo momento da pesquisa.

Figura 23 - Esquema conceitual resumindo os principais pontos do segundo momento da pesquisa (considerando os objetivos específicos delimitados).



Fonte: elaborada pela autora.

A seguir será realizada uma descrição geral envolvendo o contexto das duas intervenções didáticas e um relato de cada intervenção e, em seguida, serão indicados os instrumentos e objetivos da coleta de dados.

### 3.2 Contexto e descrição (relato) das duas aplicações

No primeiro dia de aula de cada conjunto de aulas realizadas, foi apresentado o projeto e também o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)<sup>18</sup> para ser assinado por aqueles estudantes que desejassem participar. A estrutura didática desse conjunto de aulas fundamentou-se nas produções teóricas do primeiro momento desta pesquisa, de modo a buscar responder o terceiro objetivo específico elencado nesta investigação.

Pontua-se que, após os professores regentes de tais disciplinas abordarem com os alunos as epistemologias de Bachelard e Lakatos separadamente, foi iniciado o referido conjunto de intervenções, planejado nesta pesquisa.

Tais intervenções foram guiadas pelos seguintes objetivos:

<sup>18</sup> O projeto desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética com o número CAAE 35437320.5.0000.8024.

- ❖ Buscou-se compreender a percepção dos alunos quanto às discussões propostas pela convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos e se a relação envolvendo as *Redes de Conhecimento* e a referida convergência foi relevante para o processo formativo de tais estudantes;
- ❖ Buscou-se verificar as potencialidades e limitações das estratégias didáticas de análise, construídas no âmbito da pesquisa, em tais perspectivas de aplicação.

Cada contexto de aplicação considerou as especificidades de cada disciplina relacionada, visto também que fora fornecido diferentes cargas horárias em tais componentes curriculares. Nesse sentido, na disciplina HEC da instituição A foi possibilitado trabalhar com a carga horária total de três aulas síncronas sequenciais (as aulas ocorriam uma vez por semana, cada uma com dois períodos) e com atividades assíncronas entre as referidas semanas. Já na disciplina FDC da instituição B, teve-se um período para intervenção didática no total de seis aulas síncronas (as aulas ocorriam uma vez por semana, cada uma com dois períodos) e de 3 aulas assíncronas.

Ambos os componentes curriculares possuem como objetivo principal abordar aspectos e discussões da HFC no contexto de formação de professores de ciências. Observa-se que no curso de licenciatura em Ciências Exatas o enfoque considera as áreas de Ciências, Física, Química e Matemática e no curso de licenciatura em Ciências da Natureza tem-se o enfoque nas áreas de Química e Biologia.

Devido ao contexto de pandemia da Covid-19, todas as aulas síncronas ocorreram por videoconferência via googlemeet e para os momentos assíncronos foram utilizadas as plataformas virtuais, sendo elas: Google Classroom (instituição A) e Moodle (instituição B). Além do mais, tais aulas foram ministradas com a orientação e a presença do professor regente de cada disciplina.

Quanto ao número de estudantes participantes destas intervenções, foram sete alunos do instituto A e seis alunos do instituto B (Quadro 15), sendo que, de acordo com as estruturas curriculares de cada componente, no instituto B os alunos estavam no quarto semestre do curso e nesta disciplina estariam tendo um segundo contato com discussões envolvendo a Natureza da Ciência e, já no contexto do instituto A, os alunos estavam no segundo semestre do curso e fora o primeiro contato deles com este enfoque de discussão na graduação.

Quadro 15 - Nomes genéricos dos participantes da pesquisa.

Nomes genéricos dos participantes da pesquisa	
Participantes da instituição A (disciplina HEC)	Participantes da instituição B (disciplina FDC)
Byron	Émilie
Payne	Bouman
Marie	Niels
Hipátia	Katherine
Heisenberg	Meitner
Herschel	Turing
Rosalind Franklin	

Fonte: elaborada pela autora.

Como especificidade da disciplina HEC, coloca-se que ela é ministrada por dois docentes da área de ensino de física e química, respectivamente. Esta disciplina divide-se em dois momentos principais, sendo o primeiro direcionado às discussões históricas da ciência e concepções científicas da epistemologia tradicional (vigente até o início do século XX), bem como influências e relações no Ensino de Ciências, e o segundo momento deste componente - no qual ocorreu a intervenção didática relatada neste capítulo - refere-se às discussões envolvendo a Nova Filosofia da Ciência, demarcadas a partir das discussões de Karl Popper na literatura.

Já quanto às especificidades da disciplina FDC, tal componente busca abordar as principais linhas epistemológicas do século XX-XXI e identificar as influências das mesmas nas práticas educativas de ciências. A intervenção referente a essa pesquisa ocorreu no período destinado às discussões sobre as obras de Imre Lakatos e Gaston Bachelard.

A seguir, serão apresentadas as descrições de cada intervenção didática juntamente com um respectivo quadro-síntese de cada uma.

#### *Na instituição A*

A pesquisadora responsável pela aplicação da pesquisa participou de todas as aulas da disciplina, sendo ouvinte e realizando pequenas participações em aulas que eram ministradas pelos professores regentes deste componente curricular.

Primeira aula (síncrona): iniciou-se com uma breve apresentação pessoal da pesquisadora. O questionário (Apêndice A) referente às concepções da NdC (fundamentado, em grande parte, na convergência epistemológica) havia sido aplicado em uma aula anterior com os alunos. Esta presente aula tinha a pretensão de abordar aspectos principais das filosofias de Bachelard e Lakatos com o intuito de buscar valorizar pontos de aproximação entre as duas filosofias e preparar o contexto da aula para abordar a convergência epistemológica entre tais filósofos com os alunos. Em seguida, foram utilizados alguns recortes da História da Ciência (HC) para exemplificar as quatro naturezas da referida convergência e, apresentada, na sequência, a Estratégia Discursiva de Episódios fundamentada em tal constructo. Foi dada como proposição de atividade, uma tarefa assíncrona (Atividade 1) envolvendo a análise de episódio tendo como base a Estratégia Discursiva de Episódios explanada na aula. O episódio a ser analisado foi o artigo *O conceito de elemento: da Antiguidade à Modernidade* (OKI, 2002).

Segunda aula (síncrona): esta aula iniciou com a discussão da atividade proposta na aula anterior, tendo como o intuito esclarecer e discutir com os alunos as percepções e respostas deles na atividade 1 de análise do episódio. Após esse momento de discussão da atividade passada, foi apresentada uma breve explicitação das características e aspectos principais relacionados aos mapas conceituais e a técnica de mapeamento conceitual que embasa tal estratégia didática. Depois, foi-se explanada a *Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento*, de modo a buscar explicar as suas características principais, distinções, exemplos e passos metodológicos para a realização da atividade de análise se aportando em tal estratégia. Ao final da aula, foi proposta a atividade de análise 2 de episódio se utilizando da *Estratégia Redes de Conhecimento*. O episódio (no formato áudio-visual) a ser analisado foi *A história da eletricidade – a faísca*.

Terceira aula (síncrona): esta aula iniciou com a discussão da atividade de análise 2 envolvendo a *Estratégia Redes de Conhecimento* com o intuito de esclarecer dúvidas e coletar as impressões dos alunos em relação ao entendimento da referida atividade. Em seguida, foi apresentada a Estratégia Discursiva de Proposta Didática através de um roteiro-guia (Quadro 14) e, como proposição para a tarefa assíncrona, foi encaminhada, como atividade 3, a análise de uma proposta didática<sup>19</sup> envolvendo o contexto do Ensino de Biologia. Por último, foi apresentado o Questionário Reflexivo (Apêndice I) e solicitado que os alunos respondessem até o final do

---

<sup>19</sup> Apresentada no artigo *Ciência e epistemologia em sala de aula: Uma perspectiva histórica para a teoria de Lamarck* (CARDOSO; FORATO; RODRIGUES, 2019).

semestre. A seguir o Quadro 16 apresentará uma síntese da intervenção ocorrida na instituição A.

Quadro 16 - Síntese da intervenção ocorrida na instituição A.

Síntese da intervenção ocorrida na instituição A.				
Aula Nº	Síncrona/ assíncrona	Conteúdos	Previsão de Atividades	Instrumentos utilizados
01	Síncrona	Filosofias de Bachelard e Lakatos: aproximações e distinções	<p>Discussão sobre Filosofia e Didática das Ciências (relevância do campo de estudo e aproximações);</p> <p>As filosofias de Bachelard e Lakatos e possíveis aproximações;</p> <p>A convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos e exemplos contendo recortes da História da Ciência;</p> <p>Apresentação da Estratégia Discursiva de Episódios (fundamentada em tal convergência);</p> <p>Breve exemplo de análise;</p> <p>Proposição da atividade 1 de análise de episódio (tarefa assíncrona).</p>	<p>Questionário de análise de episódio (Apêndice C).</p> <p>Material de apoio referente à Estratégia Discursiva de Episódios (Apêndice K).</p>
	Atividade assíncrona	Episódios científicos e convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos	<p>Realização da atividade 1 de análise de episódio</p> <p>Discussão no fórum do moodle sobre as naturezas da convergência e sobre a análise do episódio/revisão dos critérios utilizados na construção da análise</p>	
02	Síncrona	Mapas conceituais e episódios científicos	<p>Discussão das análises de episódios (utilizando a Estratégia Discursiva de Episódios) construídas pelos alunos;</p> <p>Discussão geral envolvendo os mapas conceituais;</p>	Material de apoio referente à Estratégia Redes de Conhecimento (Apêndice L).

				<p>Apresentação da <i>Estratégia Didática Analítica de Episódios Redes de Conhecimento</i>;</p> <p>Distinção entre um mapa conceitual e uma <i>Rede de Conhecimento</i> de um episódio;</p> <p>Etapas metodológicas para realização da análise;</p> <p>Proposição da Atividade 2 de análise do episódio (formato áudio-visual) A <i>história da eletricidade – a faísca</i></p>	<p>Questionário Autoavaliativo Completo das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (Apêndice D)</p> <p>Ideias para as etapas iniciais de construção da Rede de Conhecimento (Quadros 12 e 13).</p>
	Atividade assíncrona	Análise episódios científicos	de	<p>Realização da atividade 2 de análise de episódio</p> <p>Discussão envolvendo as dúvidas dos alunos concernentes às <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (via fórum no moodle).</p>	
03	Síncrona	Análise propostas didáticas	de	<p>Discussão das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas pelos alunos;</p> <p>Apresentação/explicação da <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i>;</p> <p>Proposição da atividade 3 de análise de proposta didática (tarefa assíncrona);</p> <p>Exemplos da análise;</p> <p>Orientação do Questionário reflexivo.</p>	<p>Material de apoio referente à <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i> (Apêndice M).</p> <p>Artigo <i>Ciência e epistemologia em sala de aula: Uma perspectiva histórica para a teoria de Lamarck</i> (CARDOSO; FORATO; RODRIGUES, 2019)</p> <p>Roteiro de análise de proposta didática (Quadro 14).</p> <p>Questionário Reflexivo A (Apêndice I)</p>
	Atividade assíncrona	Análise propostas didáticas	de	<p>Realização da atividade 3 de análise de proposta didática</p> <p>Discussão envolvendo as dúvidas dos alunos concernentes ao processo de análise da proposta didática (via fórum no moodle)</p> <p>Aplicação do Questionário Reflexivo A</p>	

Fonte: elaborada pela autora.

*Na instituição B*

Na intervenção ocorrida na disciplina FDC, observa-se que foi modificada a sequência das aulas em relação às suas temáticas propostas, no sentido que se optou por iniciar a sequência didática (diferente da aplicada na HEC) abordando a *Estratégia Redes de Conhecimento*. Esta mudança ocorreu porque se evidenciou, na aplicação da HEC, que os alunos tiveram muita dificuldade em compreender a convergência epistemológica. Desse modo, pensou-se que se poderia utilizar a *Estratégia Redes de Conhecimento* como um meio introdutório para discussões referentes à NdC, bem como para trabalhar na sequência as discussões envolvendo a convergência. Além do mais, devido a essa alteração na sequência didática, o Questionário Autoavaliativo Completo das *Redes de Conhecimento* construídas (Apêndice D) necessitou ser dividido, nesta sequência, e apresentado através do Questionário Autoavaliativo (primeira parte) das *Redes de Conhecimento* construídas (Apêndice E) e do Questionário Autoavaliativo (segunda parte) das *Redes de Conhecimento* construídas (Apêndice F).

Optamos por trabalhar somente o episódio *O conceito de elemento: da Antiguidade à Modernidade* (OKI, 2002) - abordado na Atividade 1 da disciplina HEC - nas três atividades concernentes à perspectiva de análise de episódios. Esta escolha se deu pelo fato de que consideramos ser relevante abordarmos o mesmo episódio, no sentido de poder possibilitar melhores condições para que os estudantes pudessem dialogar e constatar as duas estratégias didáticas de análise de episódios no andamento de tais atividades. Considerou-se, também, que a utilização do mesmo episódio para a atividade referente à Estratégia Discursiva de Episódios, nas duas disciplinas, poderia ser útil para o processo de análise da pesquisa. Além disso, como a disciplina FDC forneceu uma carga horária mais extensa, pode-se expandir e abordar com um tempo maior os conteúdos a serem trabalhados em tal intervenção didática. Nesse sentido, em relação à atividade envolvendo a Estratégia Redes de Conhecimento, solicitou-se para que os alunos entregassem uma gravação áudio-visual contendo a apresentação da sua rede construída.

Primeira aula (síncrona): iniciou-se com um breve resgate envolvendo a técnica de mapeamento conceitual e a ferramenta mapas conceituais com os alunos. Observa-se que o questionário referente às concepções da NdC (Apêndice B) foi aplicado pela professora regente no início da disciplina. No andamento da aula foi apresentada a *Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento*, de modo a pontuar sobre as suas características, distinções e exemplos. Os critérios de análise da referida estratégia, os passos metodológicos e ideias para as etapas iniciais de construção da rede de conhecimento (Quadros 12 e 13) para realizar a análise do episódio foram discutidos. Ao final da aula, foi proposta a atividade 1 de análise de episódio se

utilizando da *Estratégia Redes de Conhecimento*. O episódio a ser analisado foi o artigo *O conceito de elemento: da Antiguidade à Modernidade* (OKI, 2002).

Segunda aula (assíncrona): realização da atividade 1 de análise de episódio.

Terceira aula (síncrona): esta aula buscou discutir a primeira versão da atividade 1, com o intuito de esclarecer e retirar as dúvidas quanto ao processo de análise do episódio, se utilizando da referida estratégia analítica.

Quarta aula (síncrona): Inicialmente, conversou-se sobre a atividade passada e a entrega final dela. O objetivo principal desta aula foi apresentar a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos; para isso, introdutoriamente, buscou-se explanar alguns aspectos principais das duas filosofias, a fim de explorar pontos de aproximação entre tais epistemologias da ciência. Em seguida, foi apresentada a convergência entre os dois filósofos, a qual se fundamenta na natureza epistêmica da HC, e foram abordados alguns recortes da HC para exemplificar as quatro naturezas da referida convergência. Ao final da aula, foi proposto como atividade 2, para o momento assíncrono, uma relação entre as *Redes de Conhecimento* construídas pelos alunos (na atividade 1) e as quatro naturezas da convergência se utilizando de um questionário autoavaliativo (apêndice E) como meio para realizar tal atividade.

Quinta aula (síncrona): Esta aula tinha como objetivo principal apresentar a *Estratégia Discursiva de Episódios*, que se fundamenta na convergência entre Bachelard e Lakatos. Pontua-se que o prazo para entrega da atividade 2 foi postergado para mais uma semana. Os critérios de análise da *Estratégia Discursiva de Episódios* foram abordados buscando trazer exemplos do mesmo episódio da OKI (2002). Ao final da aula, foi proposta a atividade 3 de análise de episódio se utilizando da referida Estratégia Discursiva. O episódio a ser analisado foi o mesmo que já havia sido abordado nas atividades anteriores.

Sexta aula (assíncrona): realização da atividade 3 de análise de episódio.

Sétima aula (síncrona): nesta aula, inicialmente, discutiu-se a atividade 3 e, em seguida, foi realizado um momento de diálogo e contraste entre a *Estratégia Redes de Conhecimento* e a convergência epistemológica, de modo a salientar que ambas representam lentes teóricas para se trabalhar aspectos da natureza científica contemporânea nas narrativas da HC, considerando a perspectiva do Ensino de Ciências. Observa-se que foi dado um prazo maior para realizar a referida atividade 3. Fora a discussão inicial, o objetivo da presente aula foi apresentar a *Estratégia Discursiva de Proposta Didática*. Infelizmente a explicação da referida estratégia

discursiva necessitou ser apresentada em um curto período de tempo, visto que o momento inicial de discussão da atividade anterior tomou uma considerável parte da aula, mas tal objetivo foi alcançado. Como tarefa para o momento assíncrono, foi dada a atividade 4 de análise de proposta didática se utilizando da referida estratégia analítica apresentada na aula e também foi aplicado o Questionário Reflexivo B (Apêndice J) com os alunos.

Oitava aula (assíncrona): Realização da atividade 4 de análise de proposta didática.

Nona aula (síncrona): esta aula objetivou discutir a atividade 4 de análise de proposta didática e trazer um momento de discussão em relação à epistemologia de Humberto Maturana – ministrada pela professora regente da disciplina. Não foi dada nenhuma nova atividade para a próxima aula síncrona, qual seria a última do semestre. O Quadro 17 apresenta uma síntese da intervenção ocorrida na instituição B.

Quadro 17 - Síntese da intervenção ocorrida na instituição B.

Síntese da intervenção ocorrida na instituição B.				
Aula N°	Síncrona/ assíncrona	Conteúdos	Previsão de Atividades	Instrumentos utilizados
01	Síncrona	Mapas conceituais e episódios científicos	<p>Discussão geral envolvendo os mapas conceituais;</p> <p>Apresentação da <i>Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento</i>;</p> <p>Distinção entre um mapa conceitual e uma <i>Rede de Conhecimento</i> de um episódio;</p> <p>Etapas metodológicas para realização da análise;</p> <p>Proposição da Atividade 1 de análise do episódio “<i>O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade</i>” (OKI, 2002).</p>	<p>Material de apoio referente à <i>Estratégia Redes de Conhecimento</i> (Apêndice L).</p> <p>Questionário Autoavaliativo (primeira parte) das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (Apêndice E).</p> <p>Ideias para as etapas iniciais de construção da rede de conhecimento (Quadros 12 e 13).</p>
02	Assíncrona	Análise de episódios científicos	Realização da atividade 1 de análise de episódio	

03	Síncrona	Análise de episódios científicos	Discussão envolvendo as dúvidas dos alunos concernentes às <i>Redes de Conhecimento</i> construídas.	
04	Síncrona	Filosofias de Bachelard e Lakatos: aproximações e distinções	<p>Recapitulando alguns aspectos principais de Bachelard e Lakatos;</p> <p>Apresentação da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos em relação à História da Ciência;</p> <p>Exemplificação da convergência epistemológica com recortes da História da Ciência;</p> <p>Proposição da atividade 2: relação da <i>Rede de Conhecimento</i> construída (referente ao episódio sobre a concepção de elemento) com a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos.</p>	Questionário Autoavaliativo (segunda parte) das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (Apêndice F)
05	Síncrona	Episódios científicos e convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos	<p>Discussão geral sobre a relevância de análise de episódios;</p> <p>Apresentação da <i>Estratégia Discursiva de episódios</i> (fundamentada na convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos);</p> <p>Exemplificação dos critérios de análise;</p> <p>Proposição da atividade 3 de análise de episódio.</p>	<p>Material de apoio referente à <i>Estratégia Discursiva de Episódios</i> (Apêndice K).</p> <p>Questionário de análise de episódio (Apêndice C).</p>
06	Assíncrona	Episódios científicos e convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos	Realização da atividade 3 de análise de episódio	
07	Síncrona		<p>Discussão da atividade anterior de análise de episódios e diálogo envolvendo as duas estratégias de análise de episódios</p> <p>Apresentação/explicação da <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i></p> <p>Exemplos de análise</p> <p>Proposição da atividade 4 de análise de proposta didática (momento assíncrono)</p> <p>Orientação do Questionário Reflexivo B</p>	<p>Material de apoio referente à <i>Estratégia Discursiva de Proposta Didática</i> (Apêndice M).</p> <p>Roteiro de análise de proposta didática (Quadro 14).</p> <p>Questionário Reflexivo B (Apêndice J)</p> <p>Artigo <i>Ciência e epistemologia em sala de aula: Uma perspectiva histórica para a teoria de Lamarck</i> (CARDOSO; FORATO; RODRIGUES, 2019)</p>

08	Assíncrona	Análise de propostas didáticas	Realização da atividade 4 de análise de proposta didática	
09	Síncrona		Discussão envolvendo as dúvidas dos alunos concernentes ao processo de análise da proposta didática	

Fonte: elaborada pela autora.

Sobre a metodologia de análise geral desta pesquisa, foram elaboradas abordagens individuais de análise para cada estratégia didática analítica aplicada em tais disciplinas, sendo que os instrumentos de coleta foram utilizados, em tais abordagens, de acordo com a relevância para discussão dos objetivos centrais desta pesquisa. Em linhas gerais, utilizamos os seguintes instrumentos de coleta de dados (Quadro 18):

Quadro 18 - Apresentação dos instrumentos de coleta de dados utilizados nesta pesquisa.

Descrição dos instrumentos de coleta utilizados nesta pesquisa	
Instrumentos de coleta	Objetivo do instrumento
Questionário de concepções sobre a Natureza da Ciência	Coletar as respostas dos alunos em relação às suas compreensões iniciais sobre a Natureza da Ciência.
Questionário de análise de episódio	Coletar as análises dos estudantes em relação ao episódio abordado.
<i>Redes de Conhecimento</i> construídas pelos alunos	Coletar as redes de conhecimento dos episódios analisados.
Questionário Autoavaliativo Completo das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (aplicado na HEC)	Coletar as respostas dos alunos em relação à identidade estrutural das <i>Redes de conhecimento</i> e às associações com a convergência epistemológica.
Questionário Autoavaliativo (primeira parte) das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (aplicado na FDC)	Coletar as respostas dos alunos em relação à identidade estrutural das <i>Redes de conhecimento</i>
Questionário Autoavaliativo (segunda parte) das <i>Redes de Conhecimento</i> construídas (aplicado na FDC)	Coletar as respostas dos alunos em relação às associações com a convergência epistemológica.

Artigo com as análises da proposta didática elaboradas pelos estudantes.	Coletar as análises dos estudantes na proposta didática abordada.
Questionários reflexivos A e B	Coletar informações a respeito dos três instrumentos analíticos aplicados quanto às suas potencialidades e limitações como estratégias didáticas no Ensino de Ciências.  Verificar a compreensão dos estudantes quanto à convergência epistemológica e à relação dela com as <i>Redes de Conhecimento</i> .
Transcrição das aulas/apresentação de uma rede de conhecimento	Coletar falas dos alunos que possam contribuir com as discussões da pesquisa.

Fonte: elaborada pela autora.

A seguir, serão apresentadas as metodologias de análise das referidas estratégias discutidas nesta tese.

### 3.3 Metodologia de análise da *Estratégia Discursiva de Episódios*

Em relação a metodologia de análise envolvendo a aplicação da *Estratégia Discursiva de Episódios* foram utilizados, como dados da pesquisa, as respostas dos alunos na atividade de análise do episódio, falas transcritas das aulas e as respostas envolvendo o questionário reflexivo A (Apêndice I) com o intuito de observar a percepção dos estudantes quanto à referida estratégia analítica para fundamentar a análise em relação à compreensão dos mesmos quanto às quatro *naturezas* da convergência epistemológica. Desse modo, em linhas gerais, o objetivo desta atividade foi o de identificar, no processo de análise dos trechos selecionados do episódio, as características referentes às quatro *naturezas* da convergência epistemológica. E como objetivo de análise da referida estratégia analítica, buscou-se verificar o nível de compreensão dos estudantes em relação às quatro *naturezas* da convergência na realização da atividade de análise de episódio.

Em primeiro momento de análise das respostas que trazem a referida atividade, buscou-se compreender quais possíveis associações poderiam ser realizadas (com coerência ou não) quanto às características das quatro *naturezas*. Buscou-se analisar cada trecho, de modo a captar

na formulação do episódio tais possíveis relações. Em seguida, foi-se elaborando o processo de classificação dos tipos de erros apresentados pelos estudantes na realização desta atividade, com o intuito de analisar a compreensão de tais discentes quanto às quatro *naturezas* da convergência epistemológica exploradas em tal estratégia didática analítica de episódios.

A seguir o Quadro 19 apresentará a classificação dos tipos de erros identificados e uma legenda de cores, que será utilizada na análise de tais respostas.

Quadro 19- Classificação dos tipos de erros identificados na análise das respostas dos alunos.

Classificação dos tipos de erros identificados na análise das respostas dos alunos		
Classificação dos tipos de erros encontrados	Legenda de cores	Descrição do tipo de erro
Compreensões conceituais equivocadas	resposta errada (motivo interpretação conceitual dúbia) – <b>amarelo</b>	Entende-se como uma interpretação equivocada do aluno, na qual ele expõe um entendimento deturpado de um referido critério de análise e o associa a trechos/termos no processo de leitura do episódio. Tem-se nesta classificação de erro, uma interpretação do aluno mais abrangente envolvendo a análise do trecho do episódio.
Mera associação superficial na análise do episódio	resposta errada (termo/trecho que remete superficialmente a algum critério de análise) – <b>cinza</b>	Entende-se que o aluno associou superficialmente um termo/trecho a algum critério de análise possível como resposta. Nesse sentido, tais trechos ou termos podem influenciar implicitamente, de modo superficial, no processo de escolha da resposta para tal questão de análise.
Associação sem motivo identificado	resposta errada (motivo não identificado) – <b>vermelho</b>	Entende-se que o aluno não explicitou motivo aparente de associação na realização da atividade de análise
Associação correta	resposta correta – <b>azul claro</b>	Entende-se que o aluno realizou uma associação coerente com o propósito da atividade.

Fonte: elaborada pela autora.

Buscou-se orientar a análise das respostas, tendo como princípio lógico, verificar o quanto se aproxima da resposta certa e possui coerência na análise do episódio, além da reflexão dos tipos de erros e os porquês da interpretação do aluno.

Tal classificação de erros foi utilizada para analisar as respostas erradas dos estudantes (a análise de tais respostas será apresentada no formato de quadros e categorias emergentes do

processo analítico da pesquisa envolvendo as duas disciplinas). Após verificar quais foram as naturezas (e suas características) da convergência, que os estudantes tiveram maiores dificuldades de compreensão, foram observadas as naturezas que tais estudantes demonstraram melhor nível de compreensão. Por fim, foi realizada uma análise abrangente envolvendo o panorama geral trazido nas duas disciplinas investigadas, buscando-se compreender o nível de compreensão dos estudantes quanto à convergência e as principais dificuldades/limitações apresentadas no processo de realização da atividade.

### **3.4 Metodologia de análise da *Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento* (e quanto à relação com as lentes da convergência epistemológica)**

A metodologia de análise da *Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento* será apresentada em dois momentos distintos. No primeiro momento, pretende-se analisar a validade da estrutura didática desta estratégia aplicada nas duas disciplinas investigadas. Para isso, foram utilizados como dados de pesquisa as *Redes de Conhecimento* construídas pelos estudantes dos episódios analisados, as respostas dos questionários reflexivos e dos questionários autoavaliativos (em relação à avaliação da identidade estrutural das *Redes de Conhecimento*).

Quanto ao segundo momento envolvendo a metodologia de análise da *Estratégia Redes de Conhecimento*, como se partiu da pretensão de investigar se os estudantes conseguiram associar a convergência epistemológica em suas *Redes de Conhecimento* e como foi esse processo de relação, será apresentada, no referido momento, a discussão de tais resultados envolvendo a possível articulação (ou não) entre as *Redes de conhecimento* e a convergência epistemológica. Foram utilizados como dados coletados as respostas dos questionários autoavaliativos (em relação à perspectiva de relação com as quatro *naturezas* da convergência epistemológica).

Foi realizada a Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2006; SILVA; MARCELINO, 2022) no material coletado referente às respostas dos questionários autoavaliativos e os questionários reflexivos. E desse modo, a ATD foi utilizada nos dois momentos de discussão em relação à análise da *Estratégia Redes de Conhecimento*. A ATD divide-se em três etapas principais: unitarização (significação), categorização e metatexto (comunicação). A unitarização consiste em filtrar do corpus da pesquisa os principais conceitos ou significados relevantes ao problema investigado. Desta forma, a categorização é a etapa em que se interligam os significados, visando agrupar os conceitos (significados) que se relacionam entre si no corpus da pesquisa, criando as categorias de análise (método indutivo) ou

relacionando tais teias de significados filtrados às categorias a priori (método dedutivo). O último e terceiro momento da ATD visa construir, através das categorias formadas, meta-textos comunicando os significados presentes nas categorias definidas (emergentes ou a priori) durante a análise, assim discutindo e expondo os resultados da investigação.

As duas categorias a priori - relacionadas a uma perspectiva dedutiva nesta pesquisa (conforme a ATD) - identificam-se como: *Discussão da validade estrutural didática da estratégia Redes de Conhecimento* no que tange a tais aspectos de análise: *Algumas potencialidades didáticas apontadas pelos estudantes sobre as Redes de Conhecimento* e *Discussões sobre o processo autoavaliativo dos estudantes em relação às suas Redes de Conhecimento construídas do episódio*, e “*Analisando as Redes de Conhecimento construídas sob as lentes da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos* em relação aos aspectos de análise referentes às *quatro naturezas* da convergência epistemológica no processo autoavaliativo dos estudantes.

Já em relação à análise envolvendo as *Redes de Conhecimento* construídas pelos estudantes, observa-se que foi realizada buscando-se verificar se tais *Redes de Conhecimento* conseguiram apresentar os componentes referentes à identidade estrutural da referida estratégia didática, bem como as características envolvendo a técnica de mapeamento conceitual, como exemplos, capacidade de síntese, rigor em relação à pergunta focal específica e o uso de termos ligantes entre as proposições.

Como importante observação, tem-se que como não conseguimos recolher uma amostra relevante das apresentações referentes às *Redes de conhecimento* construídas, logo, os questionários autoavaliativos e as *Redes de conhecimento* construídas pelos alunos foram fundamentais para a compreensão das relações apresentadas nas *Redes de Conhecimento* e também quanto às associações com a referida convergência epistemológica.

### **3.5 Metodologia de análise da *Estratégia Discursiva de Proposta Didática***

Quanto à metodologia de análise da estratégia envolvendo a perspectiva de discussão de proposta didática, buscou-se analisar a compreensão dos estudantes quanto às *quatro naturezas* da convergência epistemológica no processo de análise de proposta didática.

Foram elencados os respectivos objetivos específicos para guiar a análise das respostas dos alunos na realização da atividade, sendo eles:

- ❖ Verificar as *naturezas* com um número maior de acertos pelo estudante;

- ❖ Verificar se há alguma *natureza* prevalente (ou mais de uma) na análise e se a relação realizada pelo estudante foi coerente ou não;
- ❖ Identificar se alguma *natureza* da referida convergência não foi utilizada pelo estudante no processo de análise;
- ❖ Verificar quais foram os enfoques principais explorados pelos estudantes em relação a cada *natureza* da convergência no processo de análise da proposta didática.

Como algumas observações importantes, pontua-se que as respostas erradas foram identificadas com uma legenda de cores relacionadas a cada *natureza* da convergência epistemológica (Quadro 20), sendo as respostas referentes à *natureza razão objetiva* identificada pela cor amarela, a cor azul endereça-se à *natureza dinâmica e evolutiva*, a cor verde refere-se à *natureza dialética* e a identificação rosa relaciona-se à *natureza normatividade*. Tal identificação por cores foi necessária para organização dos dados no sentido de buscar analisar a compreensão dos estudantes nesta atividade analítica de discussão de uma proposta didática a partir das quatro *naturezas* da convergência epistemológica. Nesse sentido, optamos por dar ênfase aos erros dos estudantes na análise de suas respostas. Observa-se que cada erro identificado se relaciona a uma relação do aluno no processo de análise, independente se for na mesma questão ou em diferentes questões de análise; e cada relação refere-se a um critério de análise utilizado pelo estudante e relacionado a uma das respectivas *naturezas* da convergência.

Quadro 20 - Classificação das associações erradas na análise das respostas dos alunos.

Classificação das associações erradas na análise das respostas dos alunos	
<i>Natureza da convergência epistemológica</i>	Legenda de cores relacionada à resposta associada à <i>natureza da convergência epistemológica</i>
<i>Natureza razão objetiva</i>	Cor <b>amarela</b>
<i>Natureza Dinâmica e Evolutiva</i>	Cor <b>azul</b>
<i>Natureza Dialética</i>	Cor <b>verde</b>
<i>Natureza Normatividade</i>	Cor <b>rosa</b>

Fonte: elaborada pela autora.

Salienta-se que o estudante, no desenvolvimento desta atividade, poderia marcar mais de uma alternativa do roteiro em cada etapa da sequência didática analisada, e também não foi obrigado a responder todas as etapas, mas apenas aquelas que o discente compreendesse que fossem relacionadas ao roteiro de análise.

---

A seguir, serão apresentados os resultados e reflexões concernentes ao momento teórico-empírico desta pesquisa.

## 4 MOMENTO TEÓRICO-EMPÍRICO DA PESQUISA

*A teoria orienta, mas a empiria educa (da autora).*

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados envolvendo as três estratégias didáticas elaboradas nesta tese. Inicialmente, serão trazidas as discussões referentes à análise da *Estratégia Discursiva de Episódios* em relação à compreensão dos estudantes quanto às quatro *naturezas* da convergência epistemológica na perspectiva de análise de episódios. Em seguida, apresentadas as discussões dos resultados referentes à *Estratégia de Episódios Redes de Conhecimento* quanto à sua validade estrutural didática e sua possível relação com a convergência epistemológica, e dando continuidade, serão discutidos os resultados oriundos da aplicação da *Estratégia Discursiva de Proposta Didática* no que tange à compreensão dos estudantes quanto às quatro *naturezas* da convergência epistemológica no contexto de análise de proposta didática. Por último, será apresentado uma subseção para discussões envolvendo as relações do todo desta pesquisa, de modo a objetivar interligar os pontos discutidos desta pesquisa e explorar as principais relações entre os resultados e as discussões da referida ideia de tese.

### **4.1 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da *Estratégia Didática Analítica Discursiva de Episódios***

Os estudantes que participaram desta atividade foram Byron, Payne, Marie, Hipátia, Heisenberg, Herschel e Rosalind do grupo da disciplina HEC e em relação ao grupo da disciplina FDC participaram os estudantes Émilie, Bouman, Niels, Katherine e Meitner.

A seguir, será apresentado o quadro 21 que tem o objetivo de expor a análise das respostas dos estudantes na realização desta atividade analítica envolvendo a perspectiva de discussão de episódios. Intenciona-se dialogar e contrastar tais elementos expostos nesse processo de apresentação dos dados coletados.

Quadro 21 – Análise das respostas dos estudantes referentes à atividade de análise de episódio.

Questão de análise	Respostas dos alunos (Grupo HEC)	Respostas dos alunos (Grupo FDC)	Respostas do gabarito	Quantos acertaram a questão
Questão nº 1	<p>-perspectiva conjectural (4) (NDE)</p> <p>-perspectiva de racionalização da experiência (NRO) (2)</p> <p>-perspectiva mutável (1) (NDE)</p>	<p>-perspectiva conjectural (2) (NDE);</p> <p>-perspectiva de racionalização da experiência (1) (NRO);</p> <p>-perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (2) (ND)</p>	<p>-perspectiva conjectural (NDE)</p> <p>-perspectiva de racionalização da experiência (NRO)</p>	<p>6 (HEC)</p> <p>3 (FDC)</p>
Questão nº 2	<p>-perspectiva de normatividade (2) (NN)</p> <p>-perspectiva de circulação e socialização das ideias (4); (NDE)</p> <p>-apresentação de pontos de vista diferentes (1) (ND)</p>	<p>- perspectiva de normatividade (2) (NN)</p> <p>-perspectiva de circulação e socialização das ideias (2) (NDE);</p> <p>-apresentação de pontos de vista diferentes (1) (ND)</p>	<p>-perspectiva mutável (NDE)</p>	<p>0</p> <p>0</p>
Questão nº 3	<p>-perspectiva processual (3) (NDE);</p> <p>-perspectiva de normatividade (1) (NN)</p> <p>-tratamento de anomalias e obstáculos (3) (NDE);</p>	<p>-perspectiva de normatividade (4) (NN);</p> <p>-diálogo entre o campo teórico e o campo empírico (1) (ND)</p>	<p>Perspectiva processual (NDE)</p>	<p>3 (HEC)</p> <p>0 (FDC)</p>
Questão nº 4	<p>-ênfase no contraste e diálogo de ideias (5) (ND)</p> <p>-perspectiva mutável (2) (NDE)</p>	<p>- ênfase no contraste e diálogo de ideias (2) (ND);</p> <p>-perspectiva mutável (1) (NDE)</p> <p>-Circulação e socialização das ideias (1) (NDE)</p> <p>-perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (1) (ND);</p>	<p>- ênfase no contraste e diálogo de ideias (ND)</p>	<p>5 (HEC)</p> <p>2 (FDC)</p>

<p>Questão nº 5</p>	<p>-diálogo entre o campo teórico e o campo empírico (2) (ND);</p> <p>-perspectiva de normatividade (2) (NN)</p> <p>-esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (3) (NRO)</p>	<p>-perspectiva de racionalização da experiência (2) (NRO);</p> <p>-esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (3) (NRO);</p>	<p>-diálogo entre o campo teórico e o campo empírico (ND)</p> <p>-racionalização da experiência (NRO)</p>	<p>2 (HEC)</p> <p>2 (FDC)</p>
<p>Questão nº 6</p>	<p>-perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (7) (ND)</p>	<p>-perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (3) (ND);</p> <p>-perspectiva de racionalização da experiência (1) (NRO);</p> <p>-circulação e socialização das ideias (1) (NDE)</p>	<p>-perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (ND)</p>	<p>7 (HEC)</p> <p>3 (FDC)</p>
<p>Questão nº 7</p>	<p>- esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (4) (NRO);</p> <p>- diálogo entre o campo teórico e o campo empírico (3) (ND);</p>	<p>- esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (1) (NRO);</p> <p>-apresentação de pontos de vista diferentes (3) (ND)</p> <p>- diálogo entre o campo teórico e o campo empírico (1) (ND);</p>	<p>- esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (NRO)</p>	<p>4 (HEC)</p> <p>1 (FDC)</p>

Questão nº 8	-perspectiva de racionalização da experiência (2) (NRO);  - esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas (2) (NRO);  -perspectiva de normatividade (3) (NN)	-perspectiva de racionalização da experiência (1) (NRO);  - tratamento de anomalias/obstáculos (1) (NDE)  -perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (1) (ND)  -perspectiva de normatividade (2) (NN)	- perspectiva de racionalização da experiência (NRO)  -tratamento de anomalias/obstáculos (NDE)	2 (HEC)  2 (FDC)
Questão nº 9	-perspectiva de normatividade (5) (NN);  -ênfase no contraste e diálogo de ideias (1) (ND)  -tratamento de anomalias/obstáculos (1) (NDE)	-perspectiva de normatividade (2) (NN);  -ênfase no contraste e diálogo de ideias (1) (ND);  -perspectiva de relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico (2) (ND)	- perspectiva de normatividade (NN)	5 (HEC)  2 (FDC)

Fonte: elaborada pela autora.

#### 4.1.2 Refletindo a compreensão dos estudantes sobre a convergência epistemológica com foco nas respostas corretas

De um modo geral, observa-se que na disciplina HEC o grupo evidenciou uma maior facilidade de compreensão das *quatro naturezas* – embora tais estudantes tenham relatado, em suas falas, que sentiram dificuldades para compreender a linguagem e os significados do material de apoio que apresentou a referida estratégia discursiva. Observa-se que ambos os grupos de tais disciplinas pontuaram dificuldades quanto aos significados e o formato da linguagem utilizado no referido material de apoio. A seguir, apresenta-se uma transcrição da fala do estudante Byron (disciplina HEC) envolvendo a dificuldade de entendimento quanto o material de apoio que explicava a *Estratégia Discursiva de Episódios*.

eu achei um dos artigos muito bom [refere-se ao episódio trabalhado], que foi aquele que fala sobre as questões dos elementos, as definições, a evolução das definições [...]

esse eu amei, mas o outro eu achei com uma linguagem muito técnica e aí tipo, eu mesmo não estou definindo pelos outros colegas; digo por mim, mas, eu que tenho um certo tempo para fazer as coisas; tipo é meio bem regradinho porque eu trabalho além do estudo, não tive o tempo suficiente para refletir em cima daquelas colocações e tudo **mais e eu achei uma linguagem bem técnica, então aí eu não entendi muito bem aquele outro artigo** (estudante Byron).

Em relação à *natureza dinâmica e evolutiva*, observa-se que os estudantes da disciplina HEC tiveram um número maior de acertos (exceto na questão 2, ambos erraram integralmente, e na questão 8 que o grupo da FDC teve um melhor entendimento com 1 acerto). No grupo da disciplina HEC, percebe-se que as características exploradas da *natureza dinâmica e evolutiva*, que obtiveram um número maior de acertos, foram *perspectiva conjectural* (4 acertos), *perspectiva processual* (3 acertos) e com menor número foi o *tratamento de anomalias/obstáculos* (0 acertos). Já no grupo da disciplina FDC, tem-se 2 acertos quanto à característica referente à *perspectiva conjectural* e 1 acerto em relação ao *tratamento de anomalias/obstáculos*.

Sobre a *natureza dialética*, tem-se a mesma lógica, o grupo da disciplina HEC apresentou um número maior de acertos em relação ao grupo da disciplina FDC. Observa-se, no grupo da HEC, que as características *relação interdependente [...]* e o *diálogo/contraste de ideias* apresentaram um número maior de acertos, com 7 e 5 respostas corretas, respectivamente. A característica *diálogo entre o campo teórico e o campo empírico* obteve apenas 2 acertos. No grupo da disciplina FDC, observa-se um número menor de acertos quanto *relação interdependente [...]* com 3 respostas corretas e a característica *diálogo/contraste de ideias* com 2 acertos, embora este grupo tenha acertado as mesmas características, mas com quantidades de acertos menores. A característica *diálogo entre o campo teórico e o campo empírico* não obteve nenhum acerto, reflete-se assim, aqui, que os discentes dos dois grupos evidenciaram dificuldades em compreender tal característica da *natureza dialética*.

Quanto à *natureza razão objetiva*, tem-se também um número maior de acertos do grupo da disciplina HEC, embora ambos os grupos demonstraram dificuldades de compreensão. Observa-se o mesmo número de acertos em relação à característica *racionalização da experiência* (4 acertos em cada grupo) e a característica referente à *perspectiva de esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/ problemas* obteve 4 acertos do grupo da disciplina HEC e apenas 1 acerto do grupo da disciplina FDC.

Por último, quanto à *natureza normatividade*, observou-se que o grupo da disciplina HEC teve um melhor entendimento com 5 acertos, em relação aos 2 acertos do grupo da disciplina FDC.

Em suma, é possível perceber que houve respostas corretas representativas de todas as *naturezas*, não havendo destaque de *uma natureza* em relação às outras. Isso pode indicar uma compreensão abrangente, mesmo que superficial, das quatro *naturezas* por parte dos dois grupos. Salienta-se que as características *diálogo entre o campo teórico e o campo empírico* (*natureza dialética*) e *tratamento de anomalias e obstáculos* (*natureza dinâmica e evolutiva*) foram pouco exploradas pelos dois grupos.

#### **4.1.3 Reflexões sobre as respostas erradas encontradas nos dois grupos e suas possíveis classificações de erros**

Quanto à questão 1, tem-se que nos dois grupos, as respostas erradas remetem à associação superficial concernente a algum critério de análise. A resposta desta questão envolvendo a *perspectiva mutável* possivelmente infere-se com tal classificação, visto o termo “mudança” no trecho do episódio que, embora denotasse um significado contextual distinto de tal critério, observou-se durante a discussão da atividade que o aluno Byron o associou superficialmente a esta alternativa de resposta. Quanto às respostas referentes à *relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e científico*, compreende-se que o trecho do episódio: “usando-se vários procedimentos e operações”, poderia remeter superficialmente a tal critério de análise, no sentido de associar o referido trecho à noção de tecnologias.

Quanto à questão 2, observa-se que os dois grupos erraram integralmente as respostas a esta pergunta, de modo a apresentarem respostas semelhantes, embora com quantidades distintas. Em linhas gerais, os alunos evidenciaram uma interpretação conceitual equivocada no processo de análise, ou denotaram um entendimento envolvendo uma associação superficial no processo de escolha da alternativa para tal questão. O entendimento conceitual equivocado relaciona-se à escolha da *perspectiva da normatividade*, na qual compreende-se que tais respostas associaram equivocadamente a perspectiva de critérios e normas no campo científico à adoção/defesa de conceitos entre os cientistas. Tal entendimento pode ser ilustrado com o referido trecho do episódio: “Ele [Lavoisier] adotou o conceito introduzido por Boyle, dando-lhe uma existência concreta e precisa e definindo-o [...]”. Como associações superficiais

relacionadas a termos/trechos, foram relacionadas com o trecho “O novo conceito de elemento “boyliano” influenciou a Química nos séculos seguintes [...]”, referente à resposta *perspectiva de circulação e socialização*, no sentido de tal aspecto do episódio evidenciar implicitamente uma relação superficial a este critério. As respostas referentes à *Apresentação de pontos de vista diferentes*, entende-se que foram classificadas visto o seguinte trecho do episódio que poderia influenciar tal relação: “[...] embora as concepções antigas tenham resistido até o século XVIII”, nesse sentido, compreende-se em tais respostas uma associação superficial que poderia remeter a este critério de análise.

Nesta questão 2, entende-se que as respostas referentes à *perspectiva da normatividade*, possivelmente, partiram de uma interpretação conceitual equivocada de tal critério, no sentido de associar que as regras e normas propostas ou seguidas pelos cientistas poderiam ser compreendidas como manifestações de defesa e/ou adoção de conceitos entre os cientistas. Nesse sentido, hipotetiza-se que tais alunos tenham associado diretamente as noções concernentes a questões teóricas e empíricas - abordadas na *perspectiva da normatividade* – a fragmentos do episódio envolvendo a adoção/defesa de conceitos entre os cientistas.

Quanto à questão 3, em síntese, as respostas dos alunos, nos dois grupos, foram classificadas como sem motivo aparente, visto que não foram identificados motivos lógicos para tais associações.

Quanto à questão 4, tem-se que, no grupo da disciplina HEC, as respostas erradas foram classificadas como um entendimento conceitual equivocado e, já no grupo da disciplina FDC, as respostas erradas foram classificadas com os três possíveis tipos de erros categorizados para esta estratégia analítica. As respostas referentes à *perspectiva mutável* evidenciaram que a causa para tal escolha possivelmente deve ter sido uma confusão conceitual envolvendo as *naturezas dialética* e a *natureza dinâmica e evolutiva*, no que tange ao entendimento de mudança em um mesmo tempo histórico (*natureza dialética*), ou em tempos históricos distintos (*natureza da dinâmica e evolutiva*). Observa-se que tal classificação advém de uma interpretação mais complexa do aluno envolvendo a leitura de toda a questão e não simplesmente uma associação superficial de algum termo/trecho. Em relação à resposta referente à *perspectiva circulação e socialização das ideias*, entende-se que o trecho do episódio: “Tal concepção revela a influência das ideias pertencentes ao atomismo mecanicista, muito influente na Química no século XVII”, poderia influenciar em um processo de associação superficial a este critério de análise, embora tal trecho represente uma menção muito vaga de tal perspectiva. Já quanto à resposta referente

à *relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e científico*, não foi encontrado motivo com sentido lógico para tal associação do aluno.

Observa-se, nesta questão 4, que a *perspectiva mutável* denotou um possível entendimento conceitual equivocado em relação à noção de mudança relacionada a um mesmo período histórico, referente à *natureza dialética*, ou a períodos históricos distintos, pertencente à *perspectiva mutável*, integrante da *natureza dinâmica e evolutiva*. Possivelmente, esta distinção conceitual não tenha ficado clara entre tais critérios para os alunos que apontaram como resposta a *perspectiva mutável*.

Quanto à questão 5, de modo a sintetizar, as respostas dos alunos, nos dois grupos, foram classificadas como entendimento conceitual equivocado e/ou sem motivo aparente encontrado. As respostas referentes à *perspectiva de esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas* foram classificadas sem motivo aparente, visto que não foi identificado sentido lógico em tais associações. Quanto às respostas relacionadas à *perspectiva de normatividade*, compreende-se que ocorreu um entendimento conceitual equivocado na escolha de tal resposta, possivelmente relacionando o trecho do episódio “O conceito de elemento passou a ser definido com base na estrutura atômica e molecular acessível [...]”, no sentido de tal trecho influenciar no processo de escolha, embora tal associação decorresse de um entendimento conceitual equivocado de tal critério. Desse modo, nesta questão 5, infere-se também um entendimento conceitual equivocado da *perspectiva normatividade*, no sentido de evidenciar uma compreensão que as discussões teóricas são entendidas como regras no campo científico, expondo assim uma compreensão equivocada de que teorias seriam expostas como regras.

Quanto à questão 6, observa-se que o grupo da HEC acertou integralmente esta questão. As respostas erradas foram classificadas como entendimento conceitual equivocado, ou como sem motivo lógico aparente. Quanto à resposta envolvendo a *perspectiva de racionalização da experiência*, entende-se que o motivo de escolha do aluno tenha sido uma interpretação conceitual equivocada, no sentido de associar a empiria aos aprimoramentos tecnológicos, como exemplo para tal associação, o trecho do episódio “A identificação dessas partículas em número crescente tem sido possível graças aos avanços tecnológicos [...]”. Observa-se, neste fragmento, que a narrativa do episódio enfatiza que os desenvolvimentos relacionados à noção de estrutura atômica foram possíveis, visto a evolução tecnológica ocorrida. Desse modo, entende-se que o aluno tenha interpretado equivocadamente esta questão de análise, no sentido

de entender que a discussão de uma experiência científica orientada por lentes teóricas se associaria a uma perspectiva de relação interdependente entre os desenvolvimentos tecnológicos e científicos. Além do mais, pode-se hipotetizar que o aluno não tenha distinguido conceitualmente as noções referentes a avanços tecnológicos e o campo empírico guiado por bases teóricas. Quanto à resposta envolvendo a *perspectiva de circulação e socialização das ideias*, não foi identificado motivo lógico para tal associação na análise.

Quanto à questão 7, observa-se que as respostas erradas, no geral, foram classificadas como associação superficial de algum trecho ou termo e/ou como sem motivo lógico aparente. Quanto às respostas referentes ao *diálogo entre o campo teórico e o campo empírico*, não foi identificado sentido lógico para tais associações. Em relação às respostas referentes à *apresentação de pontos de vista diferentes*, entende-se que o trecho: “Tal como Laurent e Gerhardt empregaram as palavras molécula, átomo e equivalente indistintamente, também hoje em dia se confundem frequentemente as expressões corpos simples e elemento. Contudo, cada uma delas tem um significado bem distinto, que importa precisar para evitar confusões nos termos da filosofia química”, evidencia a possibilidade de associação superficial a tal critério de análise, embora não seja a alternativa principal desta questão do episódio.

Quanto à questão 8, as respostas erradas dos alunos, nos dois grupos, foram classificadas como associação superficial de algum termo ou trecho, ou como um entendimento conceitual equivocado. Quanto às respostas referentes à *perspectiva de normatividade*, infere-se que o trecho “Nesse período, os valores determinados para os pesos atômicos nem sempre eram concordantes, o que se atribuía à imprecisão dos métodos experimentais [...]”, possivelmente deve ter influenciado na escolha de tais respostas, visto que, embora tal trecho refira-se a um contexto que reflete a carência de regras no campo científico, pode-se entender que tais alunos associaram superficialmente este trecho a noção de normatividade. As respostas referentes à *perspectiva de esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas*, compreende-se que possivelmente a causa para tal escolha decorra de uma interpretação conceitual equivocada abrangendo todo o trecho do episódio. Já quanto à resposta referente à *relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e científico*, entende-se que o motivo para a escolha de tal critério tenha sido uma interpretação conceitual equivocada de todo trecho do episódio, principalmente em relação à confusão conceitual envolvendo a noção de bases empíricas e a perspectiva de desenvolvimentos tecnológicos e científicos. Nesse sentido, encontra-se também uma interpretação conceitual equivocada entre tais critérios (*racionalização da experiência e relação interdependente entre os desenvolvimentos*

*tecnológicos e científicos*), no entanto em sentido contrário considerando a *perspectiva de racionalização da experiência* como alternativa correta para a questão de análise. Percebe-se novamente uma confusão conceitual na distinção entre tais critérios, embora se encontre uma ênfase implícita para o critério envolvendo a *relação interdependente*; considera-se que o enfoque principal da narrativa do episódio seja a *perspectiva de racionalização da experiência*, visto que a discussão principal desta questão de análise refere-se ao fato que a modificação das lentes teóricas das bases empíricas no campo científico orientou novos olhares e evidências a favor da pertinência do conceito de isótopos.

Na mesma questão 8, observa-se um entendimento conceitual equivocado referente à *perspectiva de esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias/problemas*, embora o trecho de análise implicitamente expresse um esclarecimento conceitual envolvendo o processo de interpretação de tais dados empíricos, tem-se que o enfoque principal da narrativa deste recorte do episódio versa de modo contundente a favor da *perspectiva de racionalização da experiência*.

Quanto à questão 9, em síntese, as respostas erradas foram classificadas como associação superficial de algum trecho ou termo, ou como sem motivo lógico aparente. Quanto às respostas referentes à *ênfase no contraste e diálogo de ideias*, compreende-se que o trecho: “Os avanços na Química Teórica do século XIX e a sua aproximação da Física permitiram que outros critérios passassem a ser utilizados para se distinguir um elemento químico” possivelmente tenha influenciado na escolha de tal critério, no sentido de representar uma associação superficial que, embora não evidencie tal critério, mas implicitamente denota uma perspectiva dialética de aproximação entre a Química Teórica e a Física. Já quanto à resposta referente à *relação interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e científico*, infere-se que o trecho: “Tais critérios foram fundamentais para a identificação de grande número de elementos químicos e possibilitaram a organização dos mesmos em diversos sistemas de classificação[...]” possivelmente influenciou no processo de escolha, no sentido de uma associação superficial que remete à relação interdependente entre os desenvolvimentos tecnológicos e científicos. Em relação à resposta referente ao *tratamento de anomalias/obstáculos*, compreende-se que não foi identificada razão lógica para tal associação na análise.

Em síntese, a *natureza* que apontou um número maior de interpretações conceituais equivocadas foi a *normatividade*, principalmente em relação ao grupo da FDC. Percebeu-se

também confusões conceituais em relação à *perspectiva mutável* (oriunda da *natureza dinâmica e evolutiva*) e a característica *diálogo e contraste entre os cientistas* (oriunda da *natureza dialética*). Outra confusão conceitual encontrada refere-se aos entendimentos das características *racionalização da experiência e relação interdependente*, que evidenciaram que alguns estudantes tiveram dificuldades em distinguir no processo de realização da atividade.

O Quadro 22, a seguir, apresentará quais foram os principais tipos de erros encontrados na análise desta atividade.

Quadro 22 – Quantidade de respostas por classificação de erro.

Classificação dos tipos de erros	Quantidade de respostas por classificação de erro
Mera associação superficial na análise do episódio	24 respostas
Compreensões conceituais equivocadas	13 respostas
Associação sem motivo identificado	22 respostas

Fonte: elaborada pela autora.

O grupo da disciplina HEC evidenciou ter maior facilidade no entendimento dos critérios de análise oriundos de cada *natureza* da convergência. De modo geral, este grupo conseguiu obter um número de acertos relevante em cada *natureza* da convergência. Já o grupo da disciplina FDC demonstrou maiores dificuldades de compreensão em relação as quatro *naturezas*, evidenciando um melhor entendimento (empatando em número de acertos com o grupo da disciplina HEC) apenas em relação à característica *racionalização da experiência* (*natureza razão objetiva*).

As respostas dos estudantes evidenciam a necessidade de se explorar tópicos de HFC na formação inicial de professores de ciências, com o intuito que se possa propiciar condições para que tais docentes consigam explorar concretamente tais ênfases didático-epistemológicas na perspectiva da Educação Básica.

Além do mais, o fato de boa parcela dos discentes apontarem dificuldades na compreensão da linguagem e o vocabulário epistemológico abordado em tais aulas (quanto ao material de apoio que apresenta a referida estratégia) pode ter relação com o baixo número de acertos, nos dois grupos, em relação à característica diálogo entre o campo teórico e o campo

empírico e possivelmente também quanto às compreensões conceituais identificadas nesta análise dos resultados.

Em sentido de discussão, Hidalgo (2019) em sua tese, que investigou o percurso de oito licenciandos durante dois anos em curso de licenciatura em Ciências Biológicas, coloca como ponderações principais dos resultados de sua pesquisa

Assim, os resultados demonstram que as orientações epistemológicas que embasam as concepções dos licenciandos acerca do Ensino de Ciência e da Ciência influenciam-se de modo indireto, ou seja, a ressignificação de uma concepção não atesta necessariamente a ressignificação na outra, embora possa auxiliar no processo. Consideramos, então, que o curso de formação docente deve recentralizar suas ações em vista dos objetivos que regem sua atividade principal, isto é, a Docência, de modo que reflexões acerca da Ciência e do Ensino de Ciências tornem-se mais expressivas já desde as primeiras séries; sobre tal recentralização, indicamos que as disciplinas específicas do curso passem também a inserir em suas ementas, e atividades pedagógicas, elementos de reflexão acerca da estrutura do conhecimento científico e das relações dos conhecimentos ali desenvolvidos na prática profissional docente, tendo em vista a Educação Básica. Outro fator a ser desenvolvido é a maior integração dos licenciandos com a pesquisa na área de Ensino de Ciências, de modo que os indivíduos em formação possam ter a possibilidade de uma reflexão com elementos práticos de estruturas do conhecimento científico que se distanciam do positivismo lógico ao qual a Ciência Moderna se consolidou (HIDALGO, 2019, p. IX, grifo nosso).

Concordamos com Hidalgo (2019) no que tange a defesa de que é necessário valorizar a atividade docente como principal norte dos cursos de licenciatura, no sentido de explorar aspectos da NdC nas disciplinas específicas e pedagógicas de tais cursos com o intuito de desenvolver uma formação inicial que forneça a tais graduandos um arcabouço teórico-empírico para abordar tais conteúdos na perspectiva da Educação Básica.

A seguir, serão apresentados os resultados e reflexões envolvendo a *Estratégia Redes de Conhecimento*.

## **4.2 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da *Estratégia Redes de Conhecimento***

O processo de análise dos resultados referentes à aplicação da *Estratégia Redes de Conhecimento* inicialmente apresentará um momento de discussão referente à validade estrutural da *Estratégia Redes de Conhecimento*, para em um segundo momento expor as discussões concernentes à relação entre as *Redes de Conhecimento* e a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos.

### **4.2.1 Discussão da validade estrutural didática da estratégia *Redes de Conhecimento***

Os estudantes que participaram desta atividade foram Payne, Marie (embora não tenha respondido o questionário aut avaliativo, mas enviou a sua rede construída), Hipátia, Heisenberg

e Herschel do grupo da disciplina HEC, e em relação ao grupo da disciplina FDC participaram os estudantes Émilie, Bouman, Niels, Katherine, Turing e Meitner. Observa-se que o estudante Turing da disciplina FDC não participou da atividade (que será discutida no segundo momento da análise envolvendo esta estratégia didática) referente à relação entre as *Redes de Conhecimento* e as quatro *naturezas* da convergência epistemológica.

O primeiro momento da análise envolvendo as *Redes de Conhecimento* tem como enfoque principal buscar analisar a validade da estrutura didática desta estratégia. Desse modo, como fruto deste processo de reflexão sobre a construção de tais *Redes de Conhecimento* criadas pelos estudantes participantes desta pesquisa, a seguir, será apresentado um conjunto de aspectos oriundos desta dinâmica de análise referente a esta estratégia didática. Tais aspectos são denominados, respectivamente: *Analisando a coerência com os eixos constituintes da estratégia nas redes construídas*, *Algumas potencialidades didáticas apontadas pelos estudantes sobre as Redes de conhecimento*, *Diferenças entre os dois grupos devido às fontes distintas de episódio científico*, *Aspectos constituintes das Redes de conhecimento menos explorados pelos estudantes*, *Dificuldades evidenciadas no processo de construção das Redes de Conhecimento elaboradas pelos estudantes* e *Discussões sobre o processo autoavaliativo dos estudantes em relação às suas Redes de Conhecimento construídas do episódio*.

#### **4.2.1.1 Analisando a coerência com os eixos constituintes da Estratégia nas Redes de Conhecimento construídas**

Tal atividade, embora tenha requerido tempo, organização e dedicação dos estudantes no processo de análise dos episódios trabalhados, também demonstrou que as *Redes de Conhecimento* construídas – principalmente, as que conseguiram se aproximar do propósito da atividade - contribuíram para que os discentes pudessem discutir os episódios de acordo com tais lentes teóricas que identificam esta estratégia analítica. Mesmo evidenciando muitas dificuldades concernentes à técnica de mapeamento conceitual e ao entendimento da referida estratégia de análise de episódios, a grande maioria das *Redes de Conhecimento* construídas buscou apresentar as características essenciais desta estratégia, ou seja, as redes sociais, redes teórico-empíricas, demarcação cronológica, e as relações entre tais redes exploradas na análise. Observa-se que, de modo geral, a aplicação desta estratégia evidenciou que a sua estrutura didática pode denotar potencial para ajudar o estudante a refletir sobre a análise de episódios científicos orientados pelo enfoque das relações sociais e teórico-empíricas em determinado recorte temporal.



científica (exemplo: *a dialética* entre os filósofos franceses e Benjamin Franklin em relação ao experimento envolvendo o raio), assim como, perceber aspectos como as aproximações, relações, distanciamentos e embates do campo científico. Encontra-se na *Rede de Conhecimento* construída exemplos de relações sociais envolvendo o embate de hipóteses no campo científico entre Luigi Galvani e Alessandro Volta, no que tange a defesa referente à eletricidade animal versus a hipótese de Volta quanto à eletricidade artificial apontadas na *Rede de Conhecimento* da aluna. Observa-se que tanto a garrafa de Leiden como a máquina de Hauskbee foram importantes para os problemas investigados pelos filósofos naturais sobre eletricidade, em tal recorte histórico do campo científico. O Quadro 23 apresentará alguns exemplos de tal *Rede de Conhecimento* no que tange as relações e características da identidade estrutural da referida ferramenta analítica de episódios.

Quadro 23 – Análise dos componentes da *Rede de Conhecimento* construída da estudante Herschel.

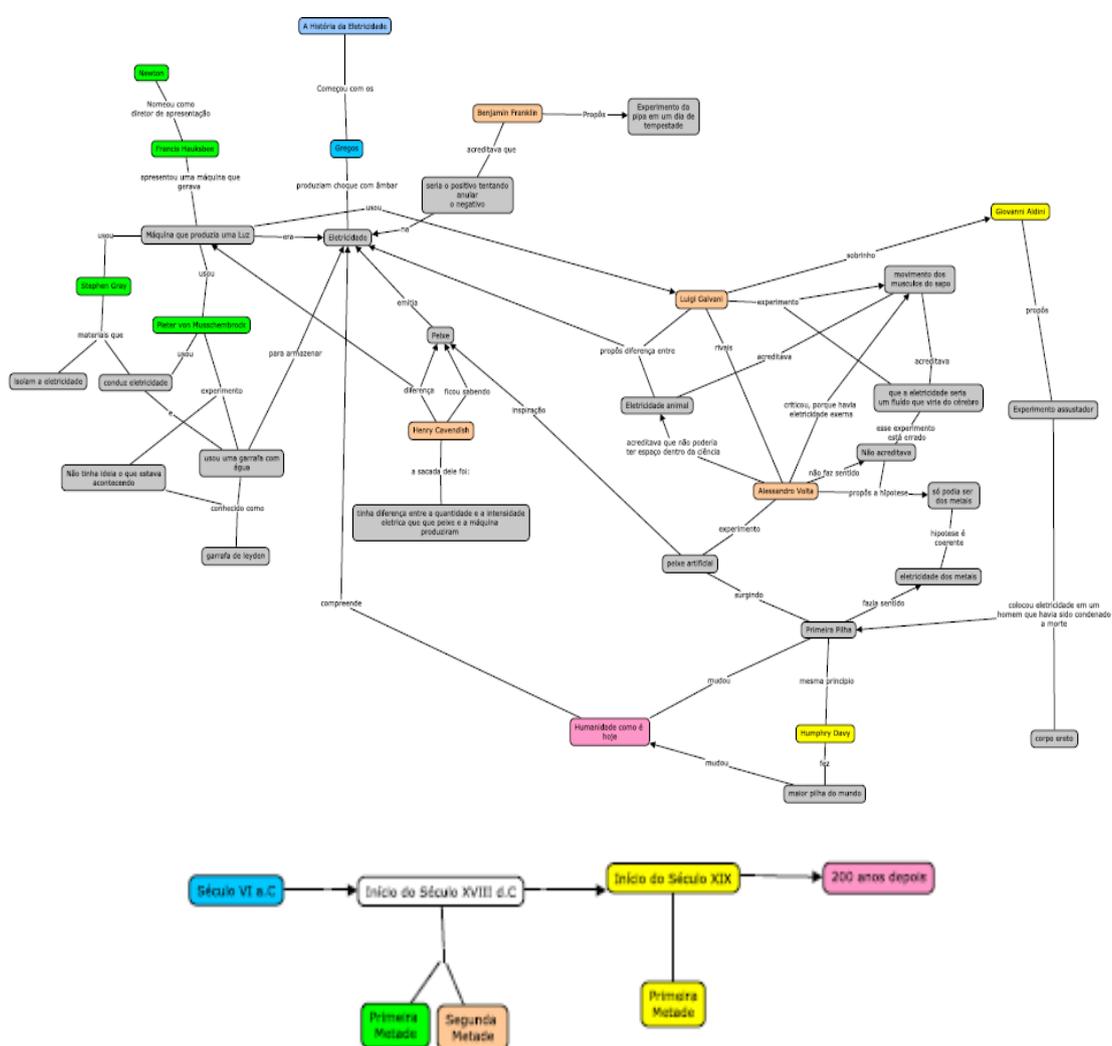
<b>Análise dos componentes da <i>Rede de Conhecimento</i> construída</b>	
<b>Relações/características oriundas da identidade estrutural de uma <i>Rede de Conhecimento</i></b>	<b>Exemplos encontrados na rede de conhecimento construída</b>
Relações entre as redes sociais	A relação ilustrada entre os filósofos naturais franceses Thomas F. Dalibard, George L. Leclerc e o filósofo natural americano Benjamin Franklin quanto à discussão empírica envolvendo o problema referente aos raios, no qual tais filósofos franceses realizaram um experimento idealizado por Benjamin Franklin quanto à natureza elétrica de um raio.
Relações entre as redes teórico-empíricas	Relação entre a garrafa de Leiden (aspecto empírico) e o conceito de raio (aspecto conceitual), referindo-se a relevância de tal garrafa no entendimento da natureza elétrica de um raio.
Relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas	A relação entre o filósofo natural Henry Cavendish e o problema investigado, empiricamente, por ele referente ao peixe tremelga, bem como a sua contribuição conceitual envolvendo a diferença de potencial e o conceito de carga elétrica.
Demarcação cronológica associada às redes sociais	O cientista Humpry Davy identificado pela cor lilás referente ao início do século XIX.

Fonte: dados coletados da pesquisa no grupo da disciplina HEC.

Cabe refletir que nesta rede, relações mais amplas entre filósofos naturais e suas redes teórico-empíricas não são fortemente explicitadas, embora o enfoque principal da *Rede de Conhecimento* seja responder a tal pergunta de análise. Desse modo, observa-se que a aluna conseguiu chegar ao objetivo da análise do episódio.

A *Rede de Conhecimento* construída por Heisenberg (Figura 25) também consegue apresentar com coerência os quatro elementos constituintes da identidade estrutural das *Redes de Conhecimento*. Percebe-se a elaboração de uma legenda temporal associada às redes sociais na estrutura da rede de conhecimento construída. Observa-se que a *Rede de Conhecimento* buscou se orientar pela pergunta norteadora de análise do episódio, visto que se visualiza, na estrutura da referida rede, o enfoque para as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas em tal recorte histórico.

Figura 25 – *Rede de Conhecimento* do estudante Heisenberg.



Fonte: dados coletados da pesquisa no grupo da disciplina HEC.

Observa-se que o estudante Heisenberg adiciona termos ligantes (como exemplo, verbos) contidos nas caixas de texto pertencentes às redes teórico-empíricas, em alguns elementos proposicionais da *Rede de Conhecimento*. Muito embora, o estudante consiga

evidenciar com clareza semântica as relações entre os elementos proposicionais contidos em sua *Rede de Conhecimento* do episódio analisado.

Quanto às aproximações, relações, distanciamentos, discussões e embates do campo científico, assim como a *Rede de Conhecimento* da estudante Herschel, percebem-se bem demarcadas as relações sociais e teórico-empíricas do episódio analisado - principalmente, na primeira metade e segunda metade do século XVIII - evidenciando o papel da empiria para os desenvolvimentos teóricos em tal contexto do episódio. Encontram-se, como exemplos, os embates entre Volta e Galvani em torno do conceito de eletricidade, as relações entre Cavendish e Volta, quanto à relevância do trabalho teórico-experimental envolvendo a criação de um peixe artificial por Cavendish nos estudos de Volta sobre a eletricidade, e a criação da primeira pilha elétrica no contexto do final do século XVIII (este aspecto não condiz com a data verídica do fato, que ocorreu em 1800, embora os estudos tenham iniciados no contexto final do século XVIII). O Quadro 24 apresentará alguns exemplos de tal rede no que tange as relações e características da identidade estrutural da estratégia analítica de episódios.

Quadro 24 – Análise dos componentes da *Rede de Conhecimento* do estudante Heisenberg.

<b>Análise dos componentes da <i>Rede de Conhecimento</i> construída</b>	
<b>Relações/características oriundas da identidade estrutural de uma <i>Rede de Conhecimento</i></b>	<b>Exemplos encontrados na <i>Rede de Conhecimento</i> construída</b>
Relações entre as redes sociais	A relação entre Isaac Newton e Francis Hauksbee quanto à nomeação de Francis por Isaac Newton.
Relações entre as redes teórico-empíricas	Associação entre a hipótese da eletricidade animal e o experimento envolvendo os sapos.
Relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas	A máquina eletrostática criada por Francis Hauksbee e utilizada, em diferentes contextos, pelos filósofos naturais Stephen Gray e Pieter von Musschembrock.
Demarcação cronológica associada às redes sociais	O filósofo natural Henry Cavendish identificado na estrutura da rede pela cor relacionada à segunda metade do século XVIII, de acordo com a legenda temporal.

Fonte: dados coletados da pesquisa no grupo da disciplina HEC.

A seguir, com o intuito de explicitar algumas potencialidades didáticas discutidas pelos estudantes quanto à *Estratégia Redes de Conhecimento*, serão apontadas algumas respostas dos alunos em relação à aplicação desta estratégia (coletadas dos Questionário Reflexivos).

#### **4.2.1.2 Algumas potencialidades didáticas apontadas pelos estudantes sobre as *Redes de Conhecimento***

A estudante Marie reflete que esta estratégia analítica tem potencial para possibilitar um recorte das ideias dos alunos quanto ao entendimento do conteúdo, fornecendo uma perspectiva organizada para compreensão da HC.

Quanto a esta atividade, **achei interessante pois as redes de conhecimento consegue transmitir as ideias dos alunos em relação ao conteúdo, uma forma organizada de entender a história da ciência** (Marie, grifo nosso).

A reflexão de Marie converge a uma característica inerente tanto da técnica de mapeamento conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2010) quanto da própria *Estratégia Redes de Conhecimento*.

Niels afirma que esta estratégia contribuiu para esclarecer aspectos dos episódios discutidos, reportando-se a critérios específicos de análise.

Achei válido todo o conhecimento adquirido e a forma como foi proposta a tarefa, **as redes de conhecimento clarearam aspectos explicitados em cada episódio, utilizando meios e critérios como análise. Pontos positivos:** o construtivismo, didática, conhecimentos adquiridos, habilidades didáticas na elaboração e execução. **Pontos negativos: a dificuldade de entender alguns termos específicos e conceitos,** que acabaram não ficando tão claros no começo **e que depois foi explicado pela professora e pela colega** (Niels, grifo nosso).

A resposta de Niels evidencia a relevância dos critérios de análise demarcados pela identidade estrutural da estratégia analítica, bem como da pergunta norteadora de análise do episódio para orientar o estudante na realização da atividade. Além de reforçar, também na sua opinião, a dificuldade em compreender determinados termos e conceitos específicos discutidos em tal atividade analítica.

Hipátia reflete que a atividade se distinguiu de outras tarefas e que, embora tal afazer demande tempo e organização, a estudante considera que depois de finalizada torna-se mais compreensível o seu entendimento.

Ponto positivo é que **é uma atividade diferente e depois de completa fica de fácil entendimento e visualização.** Ponto negativo é **a dificuldade em realizar a tarefa, de certa forma tens que dedicar bastante tempo** pra organizar o mapa, as ideias e separar por cores (Hipátia, grifo nosso).

Payne pontua, em sua resposta, também alguns aspectos favoráveis quanto à sua percepção desta estratégia analítica.

**Gostei muito desta atividade, do vídeo apresentado e ainda a construção do mapa conceitual, considero uma metodologia interessante e que proporciona uma grande aprendizagem, [...]** (Payne, grifo nosso).

O estudante Heisenberg também expõe sua opinião quanto à referida estratégia, destacando que os recortes exemplificativos para orientar a atividade de análise, discutidos em aula, contribuíram para um melhor entendimento da atividade proposta.

**Gostei bastante da atividade, do documentário que foi analisado, quero compreender mais quanto sobre os usos das redes de conhecimento, os exemplos nos slides ajudaram bastante na hora da produção da atividade (Heisenberg, grifo nosso).**

Salienta-se que os dois estudantes Heisenberg e Herschel utilizaram os quadros sugeridos (Quadros 12 e 13) para auxiliar no processo de análise do episódio e foram os participantes da pesquisa que melhor conseguiram elaborar com coerência as suas *Redes de Conhecimento* do episódio abordado.

A seguir serão pontuadas algumas discussões referentes às diferenças percebidas em tais grupos em relação às fontes distintas de episódios abordadas.

#### **4.2.1.3 Diferenças entre os dois grupos (HEC e FDC) devido às fontes distintas de episódio científico**

Como os dois episódios apresentam formatos distintos (vídeo e artigo) e também envolvem duas narrativas distintas da HC, entende-se que as *Redes de Conhecimento* construídas de tais grupos sofreram influências decorrentes de tais fontes. O episódio no formato de vídeo, sobre os primeiros estudos da eletricidade, possui um enfoque que explora mais claramente as relações entre aspectos conceituais e empíricos no campo científico, já o episódio sobre a concepção de elemento na História da Química (HQ), apresentado no formato de artigo, valoriza um enfoque narrativo que contempla mais aspectos conceituais do que empíricos, na constituição de suas redes teórico-empíricas.

Quanto a algumas dificuldades evidenciadas pelo grupo da disciplina HEC, tem-se que alguns estudantes se equivocaram nos nomes dos cientistas/filósofos naturais, no que tange à elaboração das redes sociais. Outra possível dificuldade relaciona-se ao formato de vídeo, no sentido de apresentar uma narrativa da HC rica em informações visuais, contextuais da época, embora o episódio tenha um enfoque maior para questões envolvendo o desenvolvimento das ideias no campo científico. Reflete-se que o formato de vídeo talvez tenha exigido uma maior atenção do estudante quanto às etapas metodológicas de análise (identificação dos cientistas, aspectos conceituais etc).

Já o episódio utilizado no grupo da disciplina FDC, apresentado na estrutura de artigo e identificado por um enfoque histórico-epistemológico sobre a concepção de elemento na HQ, inicia com uma discussão contemporânea e não integrante da narrativa de fato do episódio, o que talvez tenha confundido alguns alunos no processo de análise (evidenciando dificuldades com a interpretação do artigo). Outra dificuldade encontrada refere-se à confusão que alguns estudantes fizeram em identificar autores de livros didáticos, citados no artigo, como integrantes das redes sociais na estrutura da rede de conhecimento elaboradas.

Um ponto que se deve considerar neste processo também vem a ser a complexidade existente tanto em relação às especificidades das turmas de alunos envolvidas, como das potencialidades e limitações que o formato e a temática dos episódios propiciaram para discussão posterior dos resultados obtidos.

#### **4.2.1.4 Aspectos constituintes das *Redes de Conhecimento* menos explorados pelos estudantes**

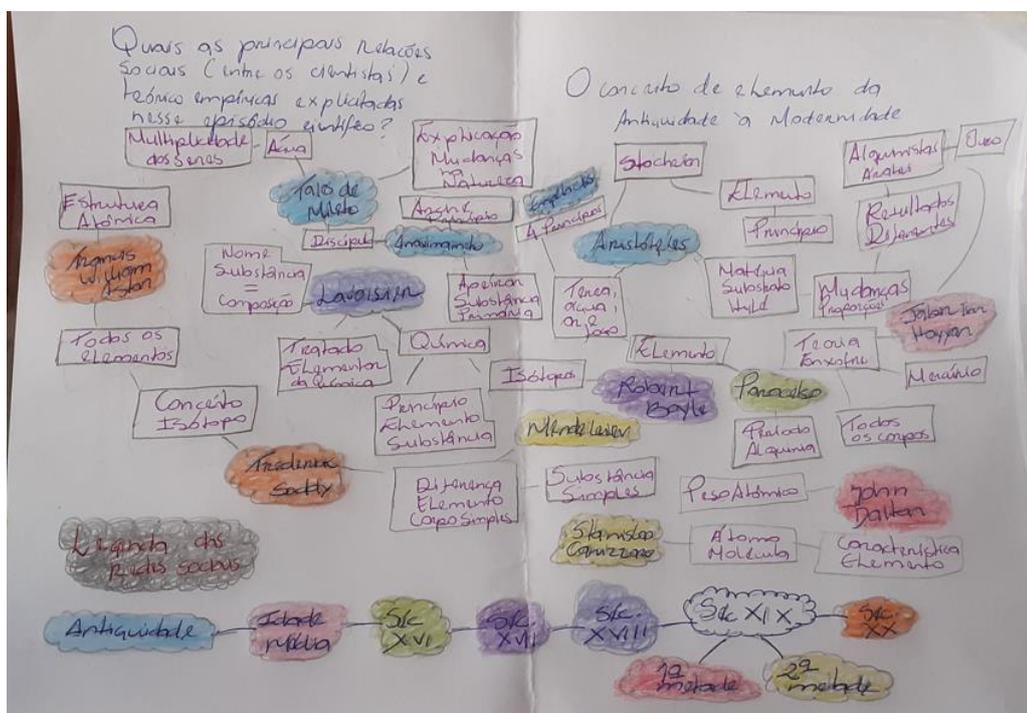
As relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas foram as características menos exploradas nas *Redes de Conhecimento* construídas dos episódios analisados. Por conseqüência, as aproximações, relações e embates entre os cientistas (redes sociais) e suas redes teórico-empíricas também foram pouco salientadas na estrutura de tais *Redes de Conhecimento*.

Compreende-se que tal enfoque não tenha sido explorado com ênfase, em grande parcela, nas *Redes de Conhecimento* construídas, visto que para se conseguir evidenciar tais discussões com coerência à identidade estrutural da estratégia é importante que a construtora (a estudante) da rede consiga apresentar as redes sociais (associadas a uma demarcação cronológica externa) e suas redes teórico-empíricas do episódio analisado. Deste modo, destaca-se um nível de complexidade no processo de construção e desenvolvimento da *Rede de Conhecimento*, bem como se intenciona uma perspectiva metacognitiva neste processo, no sentido da necessidade do estudante refletir sobre as relações apresentadas em sua *Rede de Conhecimento* do episódio analisado.

A *Rede de Conhecimento* da estudante Meitner (figura 26) ilustra bem esta dificuldade de evidenciar tais relações em sua referida *Rede*. Embora sua *Rede de Conhecimento* apresente os principais elementos constituintes da estratégia (além de uma pertinente capacidade de síntese), o fato de a estudante não inserir os termos ligantes em seus elementos proposicionais (redes sociais e as redes teórico-empíricas), prejudicou a explicitação de tais relações. Nesse

sentido, como não são inseridos termos de ligação entre as redes elaboradas, logo as relações entre as redes sociais e as redes teóricas não são claramente evidenciadas na estrutura da *Rede de Conhecimento*. Deste modo, mesmo com uma legenda cronológica associada às redes sociais, dificulta-se explorar tais relações, como também as características da natureza científica evidenciadas pelo episódio histórico. Além do mais, foram encontradas, nesta *Rede*, algumas evidências de equívocos conceituais associadas, erroneamente, às redes sociais, como no caso do conceito de isótopo ser relacionado diretamente ao filósofo natural Robert Boyle.

Figura 26 – *Rede de Conhecimento* da estudante Meitner.



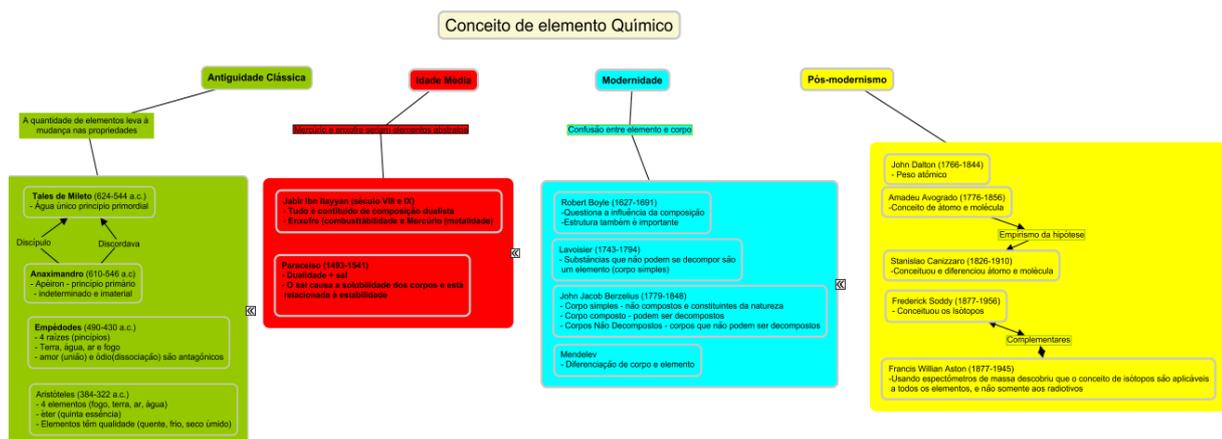
Fonte: dados coletados da pesquisa no grupo da disciplina FDC.

Por outro lado, a aluna expõe, em sua *Rede de Conhecimento*, uma certa objetividade, no sentido de mostrar preocupação em se orientar pela pergunta norteadora de análise, ou em outras palavras, encontra-se um enfoque para captar as redes sociais e as redes teórico-empíricas apresentadas pelo episódio.

Outro exemplo vem a ser a *Rede de Conhecimento* do estudante Turing (figura 27), qual expõe algumas relações pontuais entre os cientistas (principalmente, nas demarcações cronológicas da Antiguidade e no seu “pós-modernismo”), no entanto a forma como o estudante elaborou a sua rede, possivelmente, tenha limitado a ênfase nas relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas discutidas no episódio analisado. Um ponto favorável da sua análise é que o estudante foi coerente em buscar filtrar apenas os cientistas/filósofos naturais,

aspectos conceituais/empíricos e a perspectiva temporal, muito embora, a forma como ele organizou a sua rede o tenha prejudicado, principalmente, no que se refere à sua perspectiva temporal elaborada.

Figura 27– Rede de Conhecimento do estudante Turing.



Fonte: dados coletados da pesquisa no grupo da disciplina FDC.

#### 4.2.1.5 Dificuldades evidenciadas no processo de construção das *Redes de Conhecimento* elaboradas pelos estudantes

Muitas das dificuldades evidenciadas na aplicação desta estratégia analítica de episódios se deram devido a problemas concernentes à técnica de mapeamento conceitual em relação às suas características principais e/ou ao entendimento da identidade estrutural das Redes de Conhecimento.

De um modo geral, o retorno dos alunos quanto à *Estratégia Redes de Conhecimento* evidenciou que é necessário, primeiramente, trabalhar por uma perspectiva processual de aprendizagem, o entendimento dos critérios de análise desta estratégia, visto que boa parcela dos estudantes demonstrou problemas e dificuldades na compreensão do enfoque de análise dos episódios trabalhados. Defende-se, aqui, a necessidade de uma perspectiva processual, no contexto formativo docente, para aprender a utilizar as lentes teóricas desta estratégia analítica de episódios.

Reflete-se também que pelo fato de uma *Rede de Conhecimento* ser uma construção própria do estudante, compreende-se que ela está aberta para receber outros conceitos/discussões e, desse modo, entende-se a necessidade de flexibilidade do processo de análise em relação à coerência com a identidade estrutural da estratégia. Além do mais, deve-

se frisar que cada rede de conhecimento tem uma estrutura de pensamento, como também evidencia um momento evolutivo do aluno no contexto de aprendizagem.

A seguir serão discutidas algumas das principais dificuldades observadas na aplicação desta estratégia.

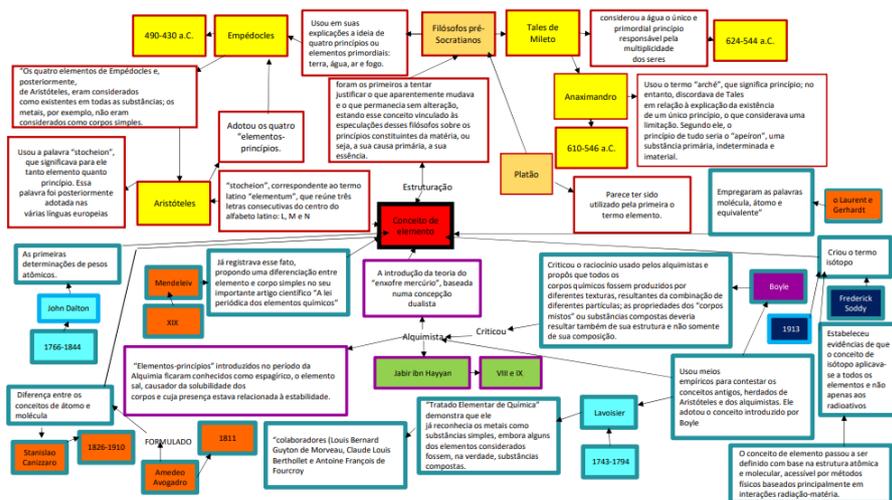
- a) *Dificuldades para conseguir realizar o mapeamento do episódio seguindo os critérios de análise, ou seja, buscando responder a pergunta de análise (pergunta focal específica)*

Esta dificuldade observada se relaciona a necessidade do estudante em conseguir identificar as redes sociais, as redes teórico-empíricas, apresentadas no episódio, demarcando cronologicamente através de uma legenda associada às redes sociais. Os dois grupos HEC e FDC demonstraram dificuldades em conseguir filtrar tais elementos, bem como em distinguir aspectos conceituais e empíricos no corpo do episódio analisado. Além do mais, como esta estratégia analítica se materializa como um mapa conceitual, que analisa aspectos específicos do episódio histórico abordado, compreende-se que o aluno necessita guiar a sua atenção para explorar, no processo de análise, a ênfase em tais aspectos. Nesse sentido, observa-se que alguns estudantes apontaram tal atividade como trabalhosa, visto o obstáculo inerente em compreender os passos metodológicos, os quais foram elaborados com o intento de orientar o processo de análise dos episódios discutidos.

- b) *Dificuldades de síntese para explicitar a Rede de Conhecimento do episódio analisado*

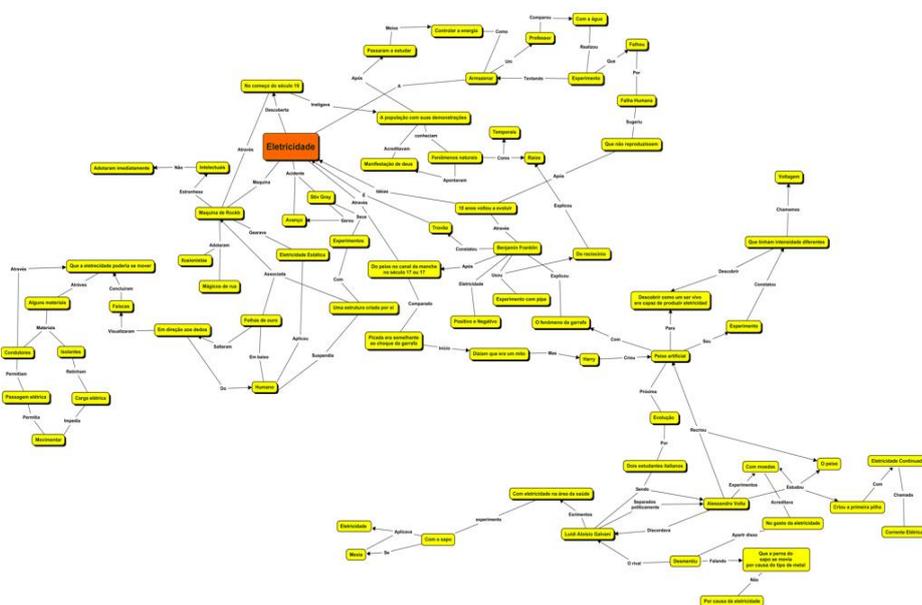
A dificuldade concernente à capacidade de síntese foi mais evidente no grupo da disciplina FDC, muito embora os dois grupos tivessem demonstrado diferentes limitações quanto a esta habilidade referente à técnica de mapeamento conceitual e à identidade estrutural das *Redes de Conhecimento*. No grupo da FDC, percebeu-se que boa parcela dos estudantes teve dificuldade neste ponto, visto que muitas *Redes de Conhecimento* construídas encontravam-se poluídas textualmente (exemplo a rede da Emílie apresentada na Figura 28) em suas redes teórico-empíricas. Já no grupo da disciplina HEC, observou-se mais uma dificuldade do estudante em conseguir sintetizar aspectos referentes ao enfoque da análise em suas redes de proposições (exemplo a rede do estudante Byron apresentada na Figura 29). Em linhas gerais, observaram-se duas perspectivas distintas encontradas quanto ao problema de síntese: a apresentação de caixas de texto poluídas (grupo da disciplina FDC) ou a presença de elementos filtrados do episódio que dispersam do enfoque da análise (grupo da disciplina HEC).

Figura 28 – Rede de Conhecimento da estudante Emílie para exemplificar a dificuldade de síntese no processo de análise.



Fonte: dados da pesquisa coletados no grupo da disciplina FDC.

Figura 29 - Rede de Conhecimento do estudante Byron para exemplificar a dificuldade de síntese no processo de análise.



Fonte: dados da pesquisa coletados no grupo da disciplina HEC.

c) Dificuldades de interpretação quanto à linguagem, termos e discussões científicas no episódio

Tais dificuldades relacionam-se ao fato de que muitos alunos demonstraram não conseguir distinguir aspectos conceituais e empíricos no processo de análise de tal episódio, sendo mais evidentes tais questões no grupo da disciplina FDC, visto que se observou uma maior ocorrência quanto a equívocos conceituais e erros de interpretação do episódio analisado. Estas questões relacionam-se às problemáticas discutidas na literatura em relação ao entendimento de conteúdos referentes à HC no contexto de sala de aula (MARTINS, 2007; BOARO; MASSONI, 2018), no sentido de que muitos alunos apresentam dificuldades em compreender conceitos científicos no contexto da história, como exemplo, a existência das diferentes concepções dadas ao conceito de elemento na perspectiva da HQ.

*d) Dificuldades para explorar as relações entre os cientistas (redes sociais) e suas redes teórico-empíricas na estrutura da Rede de Conhecimento construída;*

O enfoque das relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas nas *Redes de Conhecimento* construídas foi um dos principais pontos de dificuldades evidenciados na aplicação desta estratégia. Mesmo as *Redes de Conhecimento* mais elaboradas foram carentes de um maior amadurecimento analítico quanto à realização da atividade, e como a grande maioria dos estudantes evidenciou dificuldades quanto à técnica de mapeamento conceitual e à identidade estrutural das referidas *Redes*, observou-se que o enfoque explorativo entre tais *Redes de Conhecimento* foi um pouco limitado.

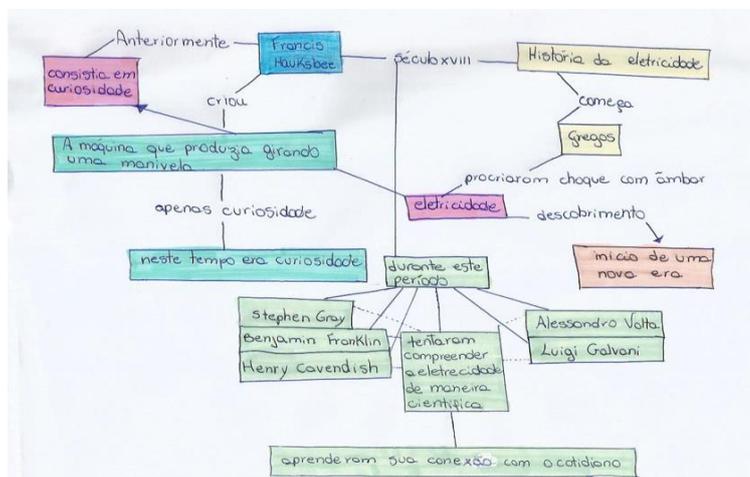
Muitos alunos não apresentaram, em suas *Redes de Conhecimento*, os termos ligantes entre as associações envolvendo as redes sociais e as redes teórico-empíricas do episódio analisado, dificultando assim uma melhor compreensão das relações construídas em tais *Redes de Conhecimento*. Tem-se também os termos ligantes contidos dentro das caixas de texto trazendo, de modo poluído textualmente, os aspectos conceituais e empíricos analisados do episódio. Nesse sentido, observa-se ainda que o fato de muitas *Redes* não apresentarem os termos ligantes dificultou tanto a evidência de relações entre os cientistas (redes sociais), como as diversas possibilidades de relações entre os cientistas e as redes teórico-empíricas.

*e) Dificuldades para elaborar uma legenda cronológica de cores associadas às redes sociais na estrutura da Rede de Conhecimento;*

A demarcação cronológica foi inserida de duas principais formas: na estrutura interna da rede, e na parte externa, associada coerentemente às redes sociais da *Rede de Conhecimento* construída. Observa-se que boa parcela dos estudantes teve dificuldade em elaborar uma

legenda cronológica externa e relacionada às redes sociais na estrutura interna da *Rede de Conhecimento*. Como exemplo, tem-se, na Figura 30, a rede elaborada por Marie:

Figura 30 – *Rede de Conhecimento* da estudante Marie.



Fonte: dados da pesquisa coletados no grupo da disciplina HEC.

Esta *Rede de Conhecimento*, embora não apresente uma legenda cronológica associada às redes sociais na estrutura do mapa, consegue expor minimamente os constituintes da estratégia, explicitando a demarcação cronológica contida na estrutura interna da *Rede de Conhecimento* elaborada, mesmo que de modo mínimo.

Em síntese, as *Redes de Conhecimento* que inseriram a perspectiva temporal diretamente dentro de sua estrutura interna deixaram a sua visibilidade poluída e a sua organização espacial confusa e desorganizada, dificultando assim a clareza semântica das relações apresentadas e a explicitação de aspectos referentes à NdC.

A seguir serão discutidos (com foco nos questionários autoavaliativos quanto à primeira parte da autoavaliação) o processo de identificação e compreensão dos estudantes em relação à identidade estrutural da referida estratégia trabalhada.

#### 4.2.1.6 Discussões sobre o processo autoavaliativo dos estudantes em relação às suas *Redes de Conhecimento* construídas dos episódios

##### a) *Analisando as relações entre conceitos e empiria nos dois grupos*

No geral, os alunos do grupo HEC conseguiram apontar, na análise de suas redes construídas, as relações entre os aspectos conceituais e os aspectos empíricos. Apenas a aluna Rosalind não conseguiu responder tal questão, visto também que ela não conseguiu elaborar a rede de conhecimento do episódio solicitado. Em síntese, as relações teórico-empíricas

compreendidas por tais estudantes remetem à diferenciação conceitual entre quantidade elétrica e intensidade elétrica realizada por Henry Cavendish, juntamente com os seus estudos empíricos envolvendo o experimento do peixe artificial, e o experimento de Humpry Davy referente às 800 pilhas voltaicas conectadas em série. Tem-se ainda exemplos associados à influência da máquina eletrostática de Hauksbee no amadurecimento de conceitos futuros, bem como o trabalho de Volta referente à pilha elétrica. Este grupo conseguiu explorar os aspectos conceituais, como problemas, hipóteses, conceitos e trouxeram aspectos empíricos, como experimentos, proposições de experimentos, instrumentos, de modo geral.

O estudante Heisenberg, por exemplo, traz em sua resposta a comparação realizada por Cavendish envolvendo as distintas intensidades elétricas entre o peixe artificial e o peixe tremelga. De acordo com a resposta do aluno

Sim, foi quando Henry Cavendish compreendeu que o peixe emitia a mesma eletricidade com menor intensidade. Vendo que era a mesma energia entre a produzida artificialmente e a dos seres vivos, mas com intensidade (Heisenberg).

Payne traz, como exemplo de relação teórico-empírica, a elaboração do experimento de Humpry Davy referente às 800 pilhas voltaicas interligadas. Segundo a estudante

Acho que sim, pois como exemplo trago as relações que fiz para Humphry Davy que construiu a maior pilha do mundo, com mais de 800 pilhas voltaicas individuais conectadas, assim, da escuridão fez-se a luz (Payne).

Já Herschel apresenta, em sua resposta, exemplos associados à utilização da máquina de Hauksbee no processo de amadurecimento de conceitos e o trabalho de Volta referente à pilha e o estudo sobre a eletricidade contínua.

Sim. Relacionei a maquina [máquina] de Rooksby [Hauksbee] à [a] vários conceitos que foram desenvolvidos a partir de sua utilização nos experimentos. O desenvolvimento da pilha por Volta que contribuiu para a compreensão sobre o fluxo contínuo de eletricidade e também para o desenvolvimento de outros campos. Poderia ter relacionado mais (Herschel).

Já quanto ao grupo da disciplina FDC, de modo geral, os alunos conseguiram identificar, em suas redes construídas, as relações entre os aspectos conceituais e empíricos do episódio analisado. Muito embora, alguns estudantes deste grupo evidenciaram dificuldades em distinguir os aspectos conceituais e empíricos em suas respostas do questionário autoavaliativo.

O estudante Turing aponta, em sua rede de conhecimento, a relação entre a discussão teórica de Avogadro e as experiências realizadas por Cannizzaro.

Sim. A teorização de Avogadro [Avogadro] es experiências de Canizzaro (Turing).

Observa-se que, na resposta de Turing, encontra-se um equívoco conceitual quando o estudante relaciona a teorização de Avogadro às experiências de Cannizzaro, visto que o italiano Cannizzaro não discutiu diretamente com Avogadro no episódio analisado.

Émilie ressalta, como resposta da análise de sua rede, a utilização de Lavoisier de conceitos criados por Boyle.

Sim, Lavoisier usou conceitos de Boyle (Émilie).

Já os estudantes Niels e Bouman respondem, por uma perspectiva mais geral, tal pergunta do questionário. Niels reflete sobre as ideias e explicações de questões apontadas nos fenômenos da natureza do período e que foram utilizadas como bases referenciais iniciais por determinados cientistas.

Sim. Um exemplo são as ideias e explicações de aspectos observados na natureza daquela época, do qual alguns cientistas usaram esses princípios como ponto inicial (Niels).

Bouman reflete sobre a semelhança entre conceitos discutidos no episódio, como exemplo, a noção de elemento entendida como uma substância simples.

sim, conceitos bem semelhantes como elemento ser uma "substancia simples (Bouman).

Meitner traz como resposta uma relação entre Boyle e Soddy quanto ao conceito de isótopos.

Sim, isótopos de Robert Boyle e Frederick Soddy (Lise Meitner).

Percebe-se um equívoco conceitual na resposta da aluna quanto a sua relação entre Boyle e Soddy.

A aluna Katherine responde tal pergunta desviando do enfoque da questão colocada.

b) *Analisando as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas nas redes construídas dos dois grupos*

Quanto ao grupo da disciplina HEC, grande parte das redes construídas evidenciou um enfoque maior para as relações individuais entre cientistas/filósofos naturais e suas redes teórico-empíricas, e se percebe que as redes teórico-empíricas foram o ponto de partida principal para muitas das relações entre as redes sociais. Neste grupo, as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas foram pontuadas nas respostas dos alunos Heisenberg, Hipátia e Herschel.

Payne não observou tais relações, em sua rede construída, trazendo a seguinte resposta:

Acho que não, pois acabei falando de cada um [cientista] separadamente (Payne).

A aluna justifica que a forma utilizada para estruturar a sua rede de conhecimento possivelmente tenha prejudicado a visualização de tais relações no processo de análise do episódio.

Heisenberg apresenta, como exemplo de tal relação, a máquina eletrostática criada por Hauksbee e sua relevância para os estudos de outros cientistas para o entendimento da eletricidade.

Sim, a máquina apresentada por Francis Hauksbee, foi utilizada por outros cientistas como Stephen Gray, Pieter von Musschembrock e Henry Cavendish buscando realizar alguns experimentos para desenvolver uma teoria que compreendesse a eletricidade (Heisenberg).

Herschel aborda, em sua resposta, as questões colocadas por Benjamin Franklin, as quais foram exploradas empiricamente por cientistas posteriores e o desenvolvimento da pilha, bem como o seu uso para demais experimentos.

Acho que principalmente a partir das ideias de Franklin que foram desenvolvidas empiricamente por outros cientistas. Também no desenvolvimento da pilha e sua utilização para diversos experimentos (Herschel).

Já quanto ao grupo da disciplina FDC, no geral, observa-se que os alunos conseguiram visualizar, em suas *Redes de Conhecimento*, as relações sociais e teórico-empíricas, embora se encontrem alguns casos de equívocos conceituais e interpretativos. Possivelmente, como os alunos evidenciaram uma maior dificuldade em relação à técnica de mapeamento conceitual e sobre o entendimento da referida estratégia, observou-se uma ênfase maior quanto aos problemas de interpretação, equívocos conceituais, muito embora algumas redes conseguiram apresentar tais relações.

Turing traz, em sua resposta, a relação entre Tales de Mileto e Anaximandro.

Sim. A relação de Tales de Mileto e Anaximandro (Turing).

Émilie aponta a discordância de Anaximandro quanto à compreensão de Tales em relação ao entendimento de um somente elemento primordial.

Sim, Anaximandro discípulo de Tales discordava de Tales em relação à explicação da existência de um único princípio (Émilie).

Percebe-se aqui uma evidência de erro interpretativo da estudante, visto que Anaximandro não era contra a ideia de um princípio elementar, mas divergia da hipótese defendida por Tales de Mileto quanto ao entendimento da água como o elemento primordial.

Niels, em sua resposta, traz interações que evidenciam cenários de divergências, amadurecimentos, criatividade e colaborações para o desenvolvimento da concepção de elemento que é compreendido atualmente. Segundo o estudante

Sim. No artigo pude perceber relações dessas redes desde o primeiro cientista citado até o último, onde, percebe-se uma complementação, discordância, contestação, criação e contribuição para que se chegasse ao conceito de elemento que conhecemos hoje em dia (Niels).

A resposta do aluno evidencia um olhar dialético, embora na questão referente à natureza dialética do questionário autoavaliativo ele não tenha refletido tal natureza na sua rede de conhecimento do episódio analisado.

Bouman traz, em sua resposta, a invenção do conceito de isótopos e a generalização deste conceito aos demais elementos químicos.

Sim, criação dos isótopos e a consideração de que todos os elementos são isótopos (Bouman).

Meitner cita novamente a relação entre Boyle e Soddy quanto ao conceito de isótopo e traz, como exemplo, também a relação entre o alquimista árabe Jabir Ibn Hayyan e Paracelso.

O mesmo da questão anterior e Jabin Bom Hayyan [Jabir Ibn Hayyan] com Paracelso no período da alquimia (Meitner).

### c) *Analisando a demarcação cronológica nas redes dos dois grupos*

No grupo da disciplina HEC, a perspectiva temporal apresenta-se através de uma legenda cronológica associada às redes sociais. Tais legendas foram mais sintéticas e algumas foram mais detalhadas. Tem-se também a perspectiva temporal apresentada dentro da estrutura interna das redes construídas, sendo colocadas tanto em caixas de texto como em termos ligantes.

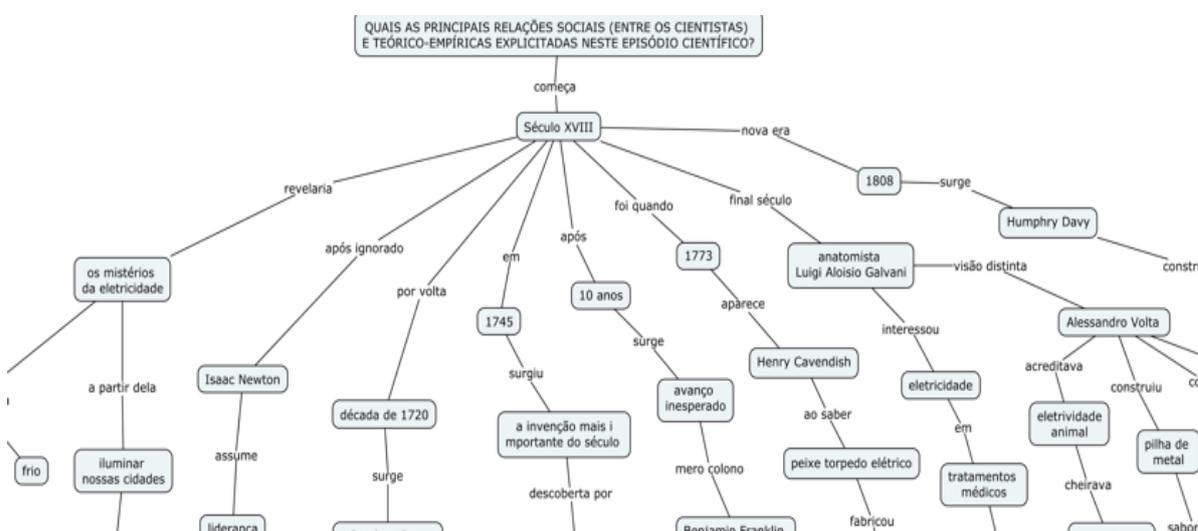
Em linhas gerais, Heisenberg, Herschel, Hipátia e Cecília Payne trouxeram tal demarcação temporal em suas *Redes de Conhecimento*.

Payne apresentou a sua demarcação cronológica contida na estrutura interna da rede (de acordo com a Figura 31), ou seja, não elaborou uma legenda cronológica externa. A estudante demonstrou preocupação em relacionar cada cientista à sua respectiva ordem temporal na

estrutura interna de sua rede de conhecimento, no entanto não foi utilizada a distinção por cores para cada cientista (limitando a identificação de uma demarcação cronológica relacionada às redes sociais contidas em sua análise do episódio). Segundo a estudante:

Sim, procurei associar cada cientista a sua ordem cronológica. No meu mapa conceitual coloquei que tudo começou no século XVIII e a partir dali fui colocando a data correspondente a cada descoberta de cada cientista, apenas cabe destacar que não evidenciei com cores diferentes (Payne).

Figura 31 – Recorte da demarcação cronológica da estudante Payne.



Fonte: dados coletados no grupo da disciplina HEC.

Já Heisenberg e Herschel, por exemplo, apresentaram a demarcação cronológica de acordo com a orientação dada em aula.

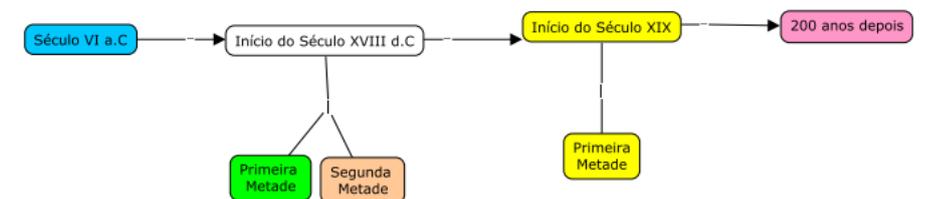
Herschel enfatiza, em sua resposta, a utilização da legenda cronológica conforme apresentada no material de apoio.

sim! utilizei a legenda de cores como exemplificado no texto de apoio (Herschel).

Heisenberg também traz, em sua resposta, que a Rede de conhecimento foi orientada pela ordem cronológica dos fatos discutidos no episódio (Figura 32).

Acredito que Sim, porque a rede construída segue cronologia que os fatos ocorrem (Heisenberg).

Figura 32 – Recorte da demarcação cronológica do estudante Heisenberg.



Fonte: dados coletados no grupo da disciplina HEC.

No contexto do grupo da disciplina FDC, a perspectiva temporal também foi representada de duas principais maneiras: através de uma legenda cronológica externa ou dentro da estrutura da rede elaborada. Nesta última, sendo associada em uma mesma caixa de texto do cientista/filósofo natural (como exemplo a rede da estudante Bouman) ou em uma caixa de texto separada associada principalmente às redes sociais.

Os estudantes Meitner e Niels apresentaram uma legenda cronológica de acordo com a orientação dada para realização da atividade.

Meitner enfatiza, em sua resposta, a organização dos cientistas de acordo com as suas colaborações no desenrolar da história explorada no episódio trabalhado (Figura 33).

Sim, estão distribuídos a partir das suas contribuições ao longo dos séculos (Meitner).

Figura 33 – Recorte da legenda cronológica da estudante Meitner.

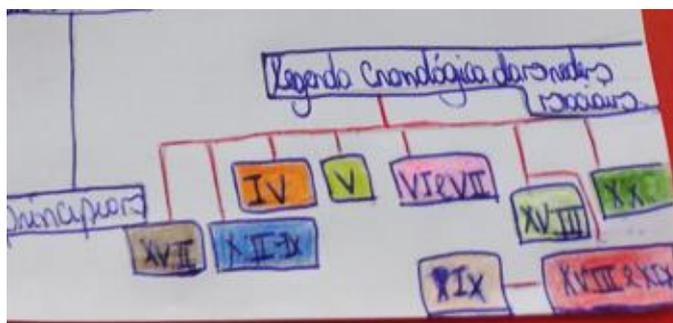


Fonte: dados coletados no grupo da disciplina FDC.

Niels explica a sua demarcação temporal (ilustrada na Figura 34) considerando a referência cronológica de cada cientista.

“Sim. As demarcações estão de acordo com a linha cronológica de cada cientistas” (Niels).

Figura 34 – Recorte da legenda cronológica do estudante Niels.



Fonte: dados coletados no grupo da disciplina FDC.

Turing traz, em sua resposta, a preocupação com a datação e organização dos cientistas quantos às suas respectivas eras.

Sim, os cientistas estão datados e agrupados conforme as suas respectivas era [eras] e cientistas (Turing).

O estudante Turing não elaborou uma legenda cronológica segundo a orientação dada, mas explicitou a sua demarcação temporal na estrutura interna de sua rede construída, conforme ilustra a figura 27.

d) *Panorama geral envolvendo as discussões sobre o processo autoavaliativo dos estudantes em relação às suas Redes de Conhecimento construídas dos episódios*

Em síntese, os alunos do grupo da disciplina HEC conseguiram identificar as características referentes à identidade estrutural da estratégia *Redes de Conhecimento* concernentes aos aspectos conceituais e empíricos relacionados às redes teórico-empíricas, as redes sociais (compostas pelos cientistas/filósofos naturais) e as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas por uma perspectiva temporal da HC. Já o grupo da disciplina FDC demonstrou maiores dificuldades em conseguir identificar tais elementos estruturais nas suas *Redes de Conhecimento* elaboradas. Observou-se que alguns estudantes desse grupo se equivocaram em algumas interpretações referentes aos aspectos conceituais na análise do episódio abordado e também percebem-se, em determinados casos, confusões interpretativas quanto às redes sociais discutidas pelo episódio.

#### **4.2.1.7 Sistematização dos resultados relativos ao primeiro momento da análise da Estratégia Redes de Conhecimento**

Embora se observem dificuldades tanto no que concerne à técnica de mapeamento conceitual quanto em relação à identidade teórico-estrutural das *Redes de Conhecimento*, os resultados obtidos também evidenciam potencialidades deste instrumento como uma estratégia analítica de episódios científicos, como exemplos, tem-se as redes construídas pelos estudantes Heisenberg e Herschel.

No grupo da disciplina HEC, observa-se que poucas redes exploraram relações entre os cientistas/filósofos naturais; há uma ênfase maior entre cientista e redes teórico-empíricas. Foram identificados apenas os cientistas/filósofos naturais para compor as redes sociais (também porque o episódio delimita nesse sentido). No grupo da disciplina FDC também se observa mais uma ênfase para o enfoque do cientista e sua rede teórico-empírica. Neste grupo foram filtrados, além dos cientistas/filósofos naturais, os autores de livros didáticos e historiadores referenciados no episódio (evidenciando uma possível influência da fonte do episódio abordado em tal equívoco interpretativo).

Reflete-se, aqui, que a objetividade trazida pelas *Redes de Conhecimento* evidencia um potencial didático para a abordagem dos conteúdos científicos por uma perspectiva histórica da construção do conhecimento. As redes construídas podem ilustrar, indiretamente, recortes da estrutura cognitiva dos estudantes quanto ao seu processo de análise do episódio e, desse modo, são úteis para a discussão dos conteúdos como também para aspectos concernentes à NdC. Como também deve-se pontuar que uma legenda cronológica equivocada (contendo erros) interfere nas discussões relacionadas à NdC do episódio analisado.

A seguir, serão apresentadas as discussões referentes à atividade que buscou relacionar a convergência epistemológica com as *Redes de Conhecimento* (segundo momento de análise desta seção 4.2).

#### **4.2.2 Analisando as *Redes de Conhecimento* construídas sob as lentes da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos**

No contexto do grupo da disciplina HEC, as *naturezas dinâmica e evolutiva* e a *dialética* foram mais facilmente associadas pelos alunos no processo de análise do episódio se utilizando das *Redes de conhecimento*. As naturezas *razão objetiva* e a *normatividade* foram as que evidenciaram maiores dificuldades para relação e compreensão por parte dos alunos em suas redes construídas.

Considerando uma perspectiva de análise geral, assim como no grupo da HEC, observa-se no grupo da disciplina FDC que as *naturezas dinâmica e evolutiva* e a *natureza dialética* foram mais bem compreendidas pelos estudantes, muito embora, estas duas foram confundidas em algumas análises do episódio. Já a *natureza normatividade* foi mais associada neste grupo que na HEC, apesar de que algumas associações desviassem da identidade desta natureza. A *natureza razão objetiva*, de modo geral, evidenciou também dificuldades para a compreensão por parte dos alunos; e em algumas respostas tem-se uma relação à *perspectiva da busca pela clareza das ideias*, característica da respectiva natureza que não foi contemplada na pergunta do questionário autoavaliativo.

A seguir, serão discutidas como cada natureza da convergência epistemológica foi colocada pelos estudantes, nos dois grupos investigados, em tal tarefa de relação com as *Redes de Conhecimento*.

#### **4.2.2.1 Compreensão dos estudantes a respeito da *natureza dinâmica e evolutiva* nas *Redes de Conhecimento* do episódio abordado**

No geral, as respostas dos alunos da disciplina HEC apontam para uma compreensão coerente desta natureza, expressando o viés mutável do pensamento científico e a relevância das produções dos cientistas para o avanço de questões futuras no campo científico. Como exemplos, tem-se algumas respostas colocadas a seguir:

Heisenberg coloca que a *natureza dinâmica e evolutiva* se evidencia muito bem na sua rede de conhecimento. Em sua resposta, embora não traga nenhum exemplo de sua rede de conhecimento, coloca que tal *natureza* é abordada, de modo a se refletir a perspectiva mutável da ciência ao longo da história contemplada no episódio analisado.

Sim, porque é nítido toda a dinâmica e evolução dentro de uma perspectiva mutável do pensamento científico ao longo do tempo, abordado na rede (Heisenberg).

A estudante Herschel salienta a percepção da *natureza dinâmica e evolutiva* associada à preocupação em explicitar a relevância das produções de certos cientistas para o avanço de questões futuras.

Sim! busquei evidenciar a importância que o trabalho de alguns cientistas teve para o desenvolvimento de ideias posteriores (Herschel).

Já Payne aponta a *natureza dinâmica e evolutiva* associada à transformação dos experimentos e às modificações ocorridas no episódio histórico. Neste sentido, a estudante, em sua resposta, associa esta *natureza* ao processo evolutivo evidenciado pela base empírica, bem como às mudanças que foram sucedendo no episódio histórico.

Penso que sim, pois procurei mostrar a evolução dos experimentos e as mudanças que foram ocorrendo com o passar do tempo (Payne).

Quanto à *natureza dinâmica e evolutiva* discutida no contexto do grupo da disciplina FDC, observa-se que a grande maioria conseguiu associar esta *natureza* com um mínimo de coerência em relação a sua identidade. As relações trazidas, em tais redes do episódio, refletem a evolução do conceito de elemento na HQ, suas distintas concepções, a perpetuação de teorias/concepções em períodos históricos distintos, divergências e a mutabilidade de ideias entre os cientistas, além da ênfase para a dimensão sócio-cultural do conhecimento científico.

Niels traz uma percepção da *natureza dinâmica e evolutiva* associada a divergências entre os cientistas e distinções/mutabilidade de ideias entre determinados cientistas. Observa-se que o estudante percebe, em sua rede, as características trazidas pela questão e relacionadas à respectiva *natureza*. Em sua resposta, ressalta as divergências e as mudanças de ideias entre os cientistas.

Sim. A minha rede de conhecimento há este entendimento e é bem explicitada e visualizada por alguns cientistas, onde evidenciam essas divergências entre os mesmos. Há uma diferença/mudança de ideias entre alguns cientistas (Niels).

Hipotetiza-se, aqui, que talvez o estudante tenha ficado confuso quanto às *naturezas dinâmica e evolutiva* e a *natureza dialética*, no que tange as características orientadas por tais questões no questionário autoavaliativo.

Émilie reflete a *natureza dinâmica e evolutiva* associada à noção de mudança em distintas concepções de um mesmo conceito. A estudante traz, em sua resposta, duas das principais concepções de elemento do contexto da HQ discutidas no episódio trabalhado. Nesse

sentido, a aluna denota uma relação de tal *natureza dinâmica e evolutiva* com a perspectiva de mudança evidenciada pelas diferentes bases teóricas trazidas por Aristóteles e Robert Boyle.

Na sua resposta, Emílie coloca:

Sim, Essa mudança podemos ver do conceito de Aristóteles para como de Boyler [Boyle]. Aristóteles usou a palavra “stocheion”, que significava para ele tanto elemento quanto princípio. Segundo Boyle, elementos seriam certos corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura, que não fossem constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros (Émilie).

Meitner também expõe o exemplo de Aristóteles e Boyle associando esta *natureza* à evolução do conceito de elemento ao longo da HQ. A estudante apresenta uma percepção da *natureza dinâmica e evolutiva* associada à evolução da concepção de elemento. Em suas palavras,

Sim, a rede demonstra a evolução do conceito aristotélico onde a teoria dos elementos envolveram [envolveu] 4 elementos, para a teoria de Boyle que a questionando, levantou a hipótese dos corpos primitivos e sem mistura (Meitner).

Observa-se que a estudante Meitner pontua a sua reflexão envolvendo tal processo evolutivo, trazendo a noção de hipótese à sua compreensão do conceito de Boyle referente à noção de elemento.

Já Katherine apresenta uma percepção desta *natureza* associando-a à ordenação das discussões teóricas e empíricas por uma dimensão sócio-cultural do pensamento científico.

sim, pois a proposta é alinhar conhecimento específico de cada cientistas e suas concepções, com os pensamentos exemplos, Teoria-Prática, sociedade-ciência, ideologia, construção cultural enfim (Katherine).

Bouman coloca uma percepção da *natureza dinâmica e evolutiva* associada à perpetuação de concepções/teorias em diferentes contextos históricos. A estudante traz, em sua resposta, um entendimento que compreende uma perspectiva de continuidade das ideias em períodos históricos diferentes.

Sim, percebe se em várias situações de épocas diferentes o pensamento bem parecido ou semelhante. Como substâncias simples como elementos (Bouman).

#### **4.2.2.2 Compreensão dos estudantes a respeito da *natureza dialética* nas *Redes de Conhecimento* do episódio abordado**

No grupo da disciplina HEC, *a natureza dialética* também foi associada pela maioria com coerência, muito embora um estudante tenha dado apenas uma resposta afirmativa (sem amadurecê-la e exemplificá-la). Em linhas gerais, as respostas que expressaram tal *natureza* se focaram na relação de rivalidade entre Galvani e Volta e à relevância da confrontação de ideias para o avanço das bases empíricas e conceituais.

Heisenberg associa *a natureza dialética* à perspectiva de contraste de ideias entre os cientistas. Em sua resposta, traz a relação de rivalidade entre Galvani e Volta para exemplificar tal *natureza* compreendida em sua rede de conhecimento do episódio.

Sim, entre Luigi Galvani e Alessandro Volta, estes eram rivais e havia contraste de ideias entre estes cientistas, até mesmo no trabalho empírico destes haviam [havia] uma convergência, isso se mostra na relação deles, já que eram rivais intelectualmente (Heisenberg).

A estudante Herschel traz uma percepção da *natureza dialética* associada à relevância de confrontação de ideias para o avanço das bases empíricas e conceituais referentes às investigações do campo da eletricidade.

Não sei se ficou claro na minha rede, mas a contraposição de ideias também contribuiu fortemente para o desenvolvimento de artefatos e conceitos relacionados ao estudo dos fenômenos elétricos (Herschel).

Já para Payne, embora a estudante saliente a não percepção de momentos de diálogos, em sua rede de conhecimento construída, tem-se, em sua resposta, *a natureza dialética* associada às diferentes visões de Volta e Galvani e às suas respectivas defesas.

Diálogos não aparecem, mas coloquei que Galvani e Volta tinham ideias distintas e o que cada um defendia (Payne).

No Grupo da disciplina FDC, embora encontrem-se respostas que trazem associações, observa-se que a grande maioria das respostas aponta para interpretações equivocadas em relação à identidade desta *natureza*. Tem-se algumas relações que denotam confusões interpretativas entre *as naturezas dinâmica e evolutiva e a dialética*.

Emílie traz uma percepção da *natureza dialética* associada ao questionamento empírico de concepções antigas. Em sua resposta, a aluna traz, como exemplo, a discussão do episódio que pontua sobre o fato de Lavoisier ter usado de meios empíricos para questionar as concepções antigas (muito embora tais concepções ainda eram muito presentes em seu contexto histórico). Observa-se, aqui, uma possível confusão conceitual entre *as naturezas dialética e a natureza dinâmica/evolutiva*, no entanto deve-se refletir sobre os significados de ambas *as naturezas* neste questionário autoavaliativo tenham se aproximado.

Sim, Lavoisier usou meios empíricos para contestar os conceitos antigos, herdados de Aristóteles e dos alquimistas (Émilie).

Meitner coloca também uma percepção da *natureza dialética* associada ao período histórico com diversas concepções e diálogos entre filósofos naturais (também evidenciando uma possível confusão entre as *naturezas dialética e a dinâmica e evolutiva* em seu entendimento). A estudante confunde temporalmente o surgimento das ideias da Alquimia na Idade Média com o contexto histórico de Lavoisier no século XVIII.

Sim, Lavoisier e seus colaboradores no tratado elementar da química. Substâncias simples e compostas. As ideias dos alquimistas também surgem nessa época, destaquei os elementos princípios chamados espagíricos e o sal ligado a solubilidade e estabilidade dos corpos (Meitner).

Bouman coloca a *natureza dialética* associada a desacordos relacionados aos princípios teóricos ou fenômenos empíricos. Em sua resposta, a aluna expõe uma discussão do episódio quanto aos desacordos entre o campo teórico e os fenômenos empíricos, trazendo, como exemplo, o processo de mudança conceitual que evidenciou a insustentabilidade do segundo postulado teórico defendido por Dalton (em relação ao fato de que todos os átomos de um elemento teriam o mesmo peso atômico).

Sim, pois a contradição entre princípios teóricos ou fenômenos empíricos. Elemento ser caracterizado por número [número] atômico ou visto como apenas uma espécie de átomo (Bouman).

Niels coloca que não conseguiu associar a *natureza dialética* em sua rede.

Não (Niels).

Salienta-se que durante as aulas este aluno trouxe discussões que se relacionavam a tal *natureza da convergência*, nesse sentido questiona-se se ele não conseguiu compreender a pergunta do questionário, ou outros possíveis equívocos, como o ponto de que as *naturezas dinâmica e evolutiva e dialética* se aproximaram quanto aos seus significados no questionário autoavaliativo.

#### **4.2.2.3 Compreensão dos estudantes a respeito da *natureza razão objetiva* nas *Redes de Conhecimento do episódio abordado***

Quanto à *natureza razão objetiva*, no contexto da disciplina HEC tem-se que a grande maioria não conseguiu associar tal *natureza* em sua rede de conhecimento, apenas uma aluna

(Hershel) conseguiu refletir, em sua rede de conhecimento, a *natureza razão objetiva*, embora pontue, em sua resposta, que tal *natureza razão objetiva* seria a que ela possui maior dificuldade de compreensão.

A estudante Hershel apresenta exemplos do episódio que refletem coerência com as características da *racionalização da experiência* – enfoque este da natureza abordado pela pergunta do questionário autoavaliativo. Segundo a resposta da estudante:

Essa é a natureza da convergência que tenho mais dificuldade para compreender, mas acredito que no desenvolvimento da Garrafa de Leiden, precursora do capacitor, havia a crença inicial de que era possível armazenar eletricidade. No desenvolvimento do [da] pilha, havia a compreensão de que metais estavam relacionados à condução de eletricidade. A compreensão de que o corpo humano e dos animais era capaz de responder à [a] estímulos foi a base para o desenvolvimento de estudos a esse respeito (Hershel).

Já Heisenberg e Payne não conseguiram relacionar esta *natureza* em suas *Redes de Conhecimento*.

Acredito que não, pois não compreendi este questionamento (Heisenberg).

Não (Payne).

No contexto do grupo da disciplina FDC, apenas um aluno conseguiu associar esta *natureza* com coerência à sua identidade, os demais não conseguiram relacionar ou divagaram em relação à pergunta do questionário.

Niels expõe uma percepção da *natureza razão objetiva* através dos experimentos orientados por diferentes olhares científicos (lentes teóricas do campo científico)

Sim. Dentro da minha rede foi utilizada pelos cientistas diferentes ideias de conceitos, utilizando experimentos para se chegar a um objetivo maior, através de diferentes olhares científicos (Niels).

Meitner e Émilie trazem uma percepção confusa da *natureza razão objetiva* com enfoque à busca pela clareza das ideias e associando a características da *natureza dinâmica e evolutiva*.

Sim, na natureza razão objetiva onde aparece a clareza das ideias destaco Lavoisier que usou meios empíricos para contestar os conceitos antigos herdados de Aristóteles e dos alquimistas. Adotou o conceito introduzido por Boyle (Meitner).

Clareza de ideias. Colaboradores de Lavoisier: Louis Bernard Guyton de Morveau, Claude Louis Berthollet e Antoine François de Fourcroy Lavoisier usou de meios empíricos para contestar os conceitos antigos (Émilie).

#### 4.2.2.4 Compreensão dos estudantes a respeito da *natureza normatividade* nas *Redes de Conhecimento* do episódio abordado

No grupo da disciplina HEC, no geral, esta *natureza* foi pouco compreendida pelos alunos na análise do episódio. Grande maioria não conseguiu associar minimamente tal *natureza* em suas redes e os poucos que relacionaram reforçaram o não entendimento claro de tal *natureza da convergência* e que o próprio episódio não contemplaria a ênfase desta *natureza* para contribuir com o processo de análise.

A aluna Herschel apontou uma tentativa de relação, mesmo ressaltando, em sua resposta, a pouca evidência de tal *natureza* em sua rede. A estudante expõe uma percepção da *natureza normatividade* pouco clara, em sua rede, e associada a algumas concepções essenciais compartilhadas entre os cientistas.

Também acho que não ficou claro na minha rede, mas algumas ideias fundamentais eram compartilhadas pelos cientistas, por exemplo, a ideia de que os corpos de humanos e animais respondem à estímulos elétricos (Herschel).

A resposta de Herschel evidencia uma compreensão equivocada da *natureza normatividade*, de modo a confundi-la com as regras propostas e adotadas entre os cientistas com a adoção de conceitos, ideias e teorias.

Hipátia e Heisenberg não conseguiram relacionar esta *natureza* em suas redes.

Não, acredito que a natureza normativa não ficou claro [clara] em minha rede de conhecimento já que não foi considerado [considerada] explícito [explícita] pelo episódio analisado” (Heisenberg).

Não (Hipátia).

Observa-se que possivelmente o episódio analisado tenha influenciado quanto à análise desta *natureza*, visto que tal perspectiva é pouco evidenciada por ele.

No contexto do grupo da disciplina FDC, observa-se que esta *natureza da convergência* foi mais relacionada pelos estudantes no processo de análise do episódio. Nesse sentido, hipotetiza-se que o formato e a ênfase da narrativa do episódio podem ter influenciado positivamente no processo de relação com a *natureza normatividade*.

Niels expõe uma percepção da *natureza normatividade* relacionada ao emprego de critérios argumentativos para a constituição de um conceito.

Sim. Na minha rede de conhecimento há a utilização de critérios argumentativos para se chegar a um conceito aceitável pelos cientistas (Niels).

Bouman traz uma percepção da *natureza normatividade* articulada às regras para a demarcação de um conceito.

Sim, a caracterização de princípios básicos para ser considerado elemento, como: número atômico, peso entre outros (Bouman).

Meitner traz a *natureza normatividade* relacionada às regras e a aspectos conceituais no campo científico.

Sim, John Dalton com as primeiras determinações de pesos atômicos, Frederick que criou o termo isótopos são exemplos de natureza normativa, padronização e organização (Meitner).

#### **4.2.2.5 Considerações sobre a relação entre as *Redes de Conhecimento* e a referida convergência epistemológica em tais grupos**

Observa-se que, nos dois grupos, as *naturezas dinâmica e evolutiva* e a *natureza dialética* evidenciaram maior facilidade de relação, independente do formato do episódio trabalhado, muito embora perceba-se também um equívoco conceitual entre as *naturezas dinâmica /evolutiva* e a *natureza dialética*. Já quanto à *natureza normatividade*, observa-se que o episódio no formato de vídeo não foi muito relevante para associação com tal natureza, no entanto o episódio no formato de artigo possibilitou uma maior ênfase de relações (desta *natureza*) dos estudantes em tal processo de análise. A *natureza razão objetiva*, nos dois grupos, teve apenas uma relação em cada, deste modo, evidenciando dificuldades de entendimento por parte dos estudantes.

Uma sugestão para os professores, quando forem utilizar esta estratégia didática, é pedir para os estudantes, nas primeiras etapas da análise do episódio, distinguirem os aspectos conceituais dos empíricos (os Quadros 12 e 13 sugeridos tem a função de auxiliar nessas etapas iniciais da atividade), visto as dificuldades evidenciadas nos resultados coletados desta aplicação. Além do mais, tais dificuldades limitam a abordagem didática de características da natureza científica em tais redes construídas.

Quanto à escolha do episódio a ser trabalhado, recomenda-se selecionar um episódio que não estimule o desenvolvimento de visões equivocadas da ciência e, se apresentar, em algum grau, tais concepções que seja uma oportunidade para discuti-las didaticamente no

referido processo de análise do episódio e que estimule o aprofundamento histórico-filosófico do episódio valorizando uma abordagem de pesquisa pelo aluno em seu aprendizado.

A seguir, serão apresentados os resultados e reflexões da aplicação da estratégia didática analítica de proposta didática, que se fundamenta na referida convergência epistemológica.

### 4.3 Análise dos resultados envolvendo a aplicação da Estratégia Discursiva de Proposta Didática

Os resultados que serão discutidos nesta seção referem-se à aplicação da Estratégia Discursiva de Proposta Didática, a qual tem como principal base teórica a convergência epistemológica entre os filósofos da ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos. O objetivo central desta parte da investigação é analisar como os estudantes relacionaram a referida convergência na análise da proposta didática abordada. O quadro 25, a seguir, apresentará as respostas dos estudantes Byron, Payne e Heisenberg da disciplina HEC e Bouman, Niels e Meitner da disciplina FDC.

Quadro 25 – Respostas dos estudantes referentes à análise da proposta didática abordada<sup>20</sup>.

Ativ.	Respostas							
	Gabarito	Byron	Payne	Heisenberg	Herschel	Bouman	Niels	Meitner
1	R5, D3	R5	R5	R5	R5	D3, E1, D2, R1	D3, E1, D2, R1	R5, E1, E4
2	R4, D3	D3	D3	D3	R4, R5	R5	R5	E3, D3/R4
3	D3	R1	R1	R1	-	R4	R4	D3
4	D1, E1	R3	R3	R3	E1	E4	E4	D1, E1
5	D1	E3	E3	E3	E1	-	-	D1
6	R4, R2	R3	R3	R3	-	R2	R2	R4, R2
7	R4, E3	-	E3	D2	E1	-	-	-
8	D1, R4, R2	D3	D3	D3	E2, E4, D1	N1, R3	N1, R3	E1
9	R4	D3	D3	D3	-	-	-	-
10	D1, D3, R2, E1	E1, D1, N1	E1, D1, N1	E1, D1	E2, D1, E3	D3, R1, D2	D3, R1, D2	R2, E1
11	E4, R1, R3, D2, E1	E1, N1	E1, N1, D1	E1, N1	D2, E3	E3, E1, N1	E3, E1, N1	E4
12	R4, R5, E4	D2, R5	D2, R5	D2, R5	E4	R4	R4	N1, R5
13	E4, D1	E1, E4	E1, E4	E1, E4	E1	-	-	-
14	E4, D1, D3	D3, E4	D3, E4	D3, E4	E4	D2	D2	R1, D3
15	R4, R2	R4	R4	R4	R4	-	-	-
16	D3, N1, R4, E4, E1	D1	D1	D1	-	-	-	D3, E4
17	E4, E2, D3	D1	D1	D1	E2	D1	-	E2, R2
18	D2, R3, E4, E3, R4, D3	R5	R5	R5	-	-	-	-
19	E1, E4, E3	E4	E4	E4	-	-	E3	-
20	R2, E1	R1	R1	R1	-	-	-	-

<sup>20</sup> Os códigos utilizados pelos estudantes na realização desta atividade são oriundos do Quadro 14, que apresenta o roteiro de análise de proposta didática.

21	D3, E1	D3	D3	D3	R4	-	-	D3, R4, E3
22	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaborada pela autora.

No geral, em relação ao grupo da disciplina HEC, as respostas dos estudantes Byron, Payne e Heisenberg foram muito próximas, visto que tais alunos realizaram a atividade em parceria. Já a estudante Herschel apresentou uma análise da proposta didática com respostas mais variadas em relação aos outros colegas.

Quanto à análise do Byron, observa-se que o estudante utilizou todas as *naturezas da convergência* em sua análise, muito embora as suas associações tenham sido, em grande parcela, incoerentes quanto à identidade de tais critérios analíticos. Salienta-se que as *naturezas dialética e dinâmica/evolutiva* foram as que tiveram uma maior prevalência de acertos. A *natureza da convergência* com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade* (com 0 acertos) e a *razão objetiva* com 3 acertos. Já a *natureza* com maior número de associações foi a *dialética*, com 9 associações (independente do número de acertos), em comparação com as 17 possibilidades do gabarito. O Quadro 26 apresentará uma síntese da análise das respostas do estudante.

Quadro 26 – Síntese da análise das respostas do estudante Byron.

Análise do estudante Byron			
<i>Natureza da convergência epistemológica</i>	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas da convergência</i>	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas da convergência</i>	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	8 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	6 associações	2 erros	Perspectiva de aprendizagem e abordagem do conteúdo.
<i>Dialética</i>	9 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	2 associações	2 erros	Abordagem do conteúdo

Fonte: elaborado pela autora.

Quanto à análise da estudante Payne, como já mencionado as análises de Byron, Payne e Heisenberg foram muito próximas em suas respostas. A estudante Payne também utilizou todas as quatro *naturezas da convergência epistemológica*, sendo a *dinâmica e evolutiva* a *natureza* mais prevalente com maior número de acertos pela discente. A *natureza da*

convergência com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade* (com 0 acertos) e a *razão objetiva* com 3 acertos. Já a *natureza* com maior número de associações foi a *dialética* (independente do número de acertos), com 10 associações, em comparação com as 17 possibilidades do gabarito. O Quadro 27 apresentará uma síntese da análise das respostas da estudante.

Quadro 27 – Síntese da análise das respostas da estudante Payne.

Análise da estudante Payne			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	8 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	7 associações	2 erros	Perspectiva de aprendizagem e abordagem do conteúdo.
<i>Dialética</i>	10 associações	6 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	2 associações	2 erros	Abordagem do conteúdo

Fonte: elaborado pela autora.

A análise do estudante Heisenberg, embora se aproxime dos outros colegas mencionados, distingue-se em algumas perspectivas. Em linhas gerais, todas as quatro naturezas da convergência também foram utilizadas na análise da proposta didática. Tem-se que a *natureza dinâmica e evolutiva* foi a *natureza* com um maior número de acertos pelo estudante. A *natureza* da convergência com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade* (com 0 acertos) e a *razão objetiva* com 3 acertos. Já a *natureza* com maior número de associações foi a *dialética*, com 10 associações (independente do número de acertos), em comparação com as 17 possibilidades do gabarito. O Quadro 28 apresentará uma síntese da análise das respostas do estudante.

Quadro 28 – Síntese da análise das respostas do estudante Heisenberg.

Análise do estudante Heisenberg			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	8 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	7 associações	2 erros	Perspectiva de aprendizagem e abordagem do conteúdo.
<i>Dialética</i>	10 associações	6 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	1 associações	1 erros	Abordagem do conteúdo

Fonte: elaborado pela autora.

Já quanto à análise da estudante Herschel, observa-se que a discente realizou um menor número de associações em relação aos seus outros colegas no processo de análise da proposta didática. A *dinâmica e evolutiva* foi a *natureza* que recebeu um maior número de acertos e também a que apresentou maior prevalência de associações (com 12, em comparação com as 19 possibilidades do gabarito). As *naturezas* da convergência com menor número de associações foram a *razão objetiva* e a *dialética* com 3 acertos, respectivamente. O Quadro 29 apresentará uma síntese da análise das respostas da estudante.

Quadro 29 – Síntese da análise das respostas da estudante Herschel.

Análise da estudante Herschel			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	5 associações	2 erros	Formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	12 associações	8 erros	Todas as relações da <i>natureza</i> .
<i>Dialética</i>	3 associações	0 erros	Abordagem do conteúdo.
<i>Normatividade</i>	0 associações	0 erro	Abordagem do conteúdo.

Fonte: elaborado pela autora.

No geral, em relação ao grupo da disciplina FDC, observa-se que os estudantes Bouman e Niels realizaram um menor número de associações no processo de análise em relação a estudante Meitner. Estes dois primeiros colegas fizeram juntos a atividade, o que explica o fato de suas respostas serem semelhantes em algumas questões. A *natureza normatividade* foi a menos explorada por todos os estudantes e a que não recebeu nenhuma relação coerente nos processos de análise.

Quanto à análise da estudante Bouman, observa-se que as *naturezas* com um maior número de acertos foram a *razão objetiva* e *dialética*, embora a estudante tenha tido um número muito mais expressivo de respostas incoerentes em todo o processo de análise da proposta. A *natureza* da convergência com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade* (com 0 acertos) e a *dinâmica e evolutiva* com 1 acerto. Já a *natureza* com maior número de associações foi a *razão objetiva*, com 7 associações (independente do número de acertos), em comparação com as 19 possibilidades do gabarito. O Quadro 30 apresentará uma síntese da análise das respostas da estudante.

Quadro 30 – Síntese da análise das respostas da estudante Bouman.

Análise da estudante Bouman			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	7 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	4 associações	3 erros	Utilização da HC, perspectiva de aprendizagem e abordagem do conteúdo.
<i>Dialética</i>	6 associações	4 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	2 associações	2 erros	Abordagem do conteúdo.

Fonte: elaborado pela autora.

Como já foi mencionado, as respostas de Bouman e Niels são muito semelhantes, desse modo, em relação à análise de Niels, tem-se as *naturezas razão objetiva* e *dinâmica e evolutiva* com maior prevalência de acertos. A *natureza* da convergência com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade*

(com 0 acertos) e a dialética (com 1 acerto). Já a *natureza* com maior número de associações foi a *razão objetiva*, com 7 associações (independente do número de acertos), em comparação com as 19 possibilidades do gabarito. O Quadro 31 apresentará uma síntese da análise das respostas do estudante Niels.

Quadro 31 – Síntese da análise das respostas do estudante Neils.

Análise do estudante Niels			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	7 associações	5 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	5 associações	3 erros	Utilização da HC, perspectiva de aprendizagem e abordagem do conteúdo.
<i>Dialética</i>	5 associações	4 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	2 associações	2 erros	Abordagem do conteúdo.

Fonte: elaborado pela autora.

Na análise da estudante Meitner, observa-se que ela demonstrou um entendimento bastante coerente das quatro *naturezas* da convergência em seu processo de análise da proposta didática, obtendo um número mais expressivo de acertos, exceto quanto à *natureza normatividade*. Tem-se que a *natureza dialética* foi a *natureza* com um maior número de acertos e a *natureza razão objetiva* foi a segunda com um total de 6 acertos. A *natureza* da convergência com menor número de associações foi a *normatividade* e as com menor número de acertos foram a *normatividade* (com 0 acertos) e a *dinâmica e evolutiva* com 5 acertos. Já a *natureza* com maior número de associações foi a *dinâmica e evolutiva*, com 10 associações (independente do número de acertos), em comparação com as 19 possibilidades do gabarito. O Quadro 32 apresentará uma síntese da análise das respostas da estudante.

Quadro 32 – Síntese da análise das respostas da estudante Meitner.

Análise da estudante Meitner			
<i>Natureza</i> da convergência epistemológica	Número de associações do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Número de erros do estudante de acordo com as quatro <i>naturezas</i> da convergência	Relações da <i>natureza</i> apontadas pelo aluno na análise da proposta didática
<i>Razão objetiva</i>	9 associações	3 erros	Abordagem do conteúdo/atividade e formato da atividade delineada.
<i>Dinâmica e evolutiva</i>	10 associações	5 erros	Todas as relações da natureza.
<i>Dialética</i>	7 associações	0 erros	Abordagem do conteúdo e formato da atividade delineada.
<i>Normatividade</i>	1 associações	1 erro	Abordagem do conteúdo.

Fonte: elaborado pela autora.

#### 4.3.1 Sistematização dos resultados e discussões sobre a aplicação da estratégia didática analítica discursiva de proposta didática nos dois grupos

Todas as quatro *naturezas* foram utilizadas pelos estudantes no grupo da disciplina HEC. Observa-se uma maior facilidade de compreensão dos discentes em relação às *naturezas* *dinâmica e evolutiva* e a *natureza dialética*, embora se tenha percebido também dificuldades na sua compreensão por tais discentes. A *natureza normatividade* não foi abordada coerentemente por nenhum estudante, neste processo de análise de proposta didática, e foi a que recebeu o menor número de associações. A *natureza razão objetiva* se manteve constante nas quatro análises, apresentando o mesmo número de acertos (3 acertos) e sendo a segunda mais associada (independente da resposta ser correta ou errada). No geral, as respostas de Byron, Payne e Heinsenbergr mostraram uma prevalência de acertos em relação às características R5 (2 acertos), R4 (1 acerto), E4 (2 acertos), E1 (2 acertos) e a D3 (3 acertos). Já a estudante Herschel tem também uma prevalência de acertos quanto às características R4 (2 acertos), R5 (1 certa), E4 (2 acertos), muito embora a E1 tenha recebido três associações equivocadas e a D3 não recebeu nenhuma associação pela estudante.

No grupo da disciplina FDC, tem-se também que os alunos utilizaram as quatro *naturezas* da convergência. Percebe-se uma maior dificuldade por parte dos estudantes Bouman e Niels em suas respostas, ressalta-se que ambos fizeram juntos tal atividade. Em linhas gerais, a *natureza* menos coerentemente associada foi a *normatividade* e foi a que recebeu o menor

número de associações. Observou-se uma maior ênfase de associações, neste grupo, para a *razão objetiva* em relação as outras *naturezas* da convergência epistemológica utilizadas por tais estudantes, exceto na análise de Meitner. As respostas de Meitner tiveram menos erros, evidenciando uma melhor compreensão da estudante quanto às *naturezas dialética, razão objetiva e dinâmica e evolutiva*, e já a *natureza normatividade* não foi associada pela estudante. Tem-se, de modo geral, no grupo da disciplina FDC um número menor de associações no processo de análise da proposta didática.

As *características* R4, R5, D3 e E4 apresentaram, nos dois grupos, um número maior de associações com acertos. Tem-se que tais *características* R4, R5 e D3 referem-se ao formato de atividade e a E4 refere-se ao formato de atividade/ou da proposta didática.

No grupo da disciplina FDC, observa-se que a *natureza dinâmica e evolutiva* não conseguiu ser compreendida de modo geral (apenas a estudante Meitner conseguiu obter alguns acertos em tal *natureza*). Além do mais, neste grupo, a R2 apresenta um número maior de acertos (e de associações) que no grupo da disciplina HEC.

As estudantes Meitner (disciplina FDC) e Herschel (disciplina HEC) - as quais realizaram individualmente a tarefa - tiveram uma ênfase de acertos quanto à D1, no entanto distinguem-se pelo fato de Herschel não associar a D3 e já a Meitner acertou todas as suas cinco associações a D3.

Nos dois grupos investigados, a *natureza normatividade* não recebeu nenhum acerto.

O fato de alguns discentes terem realizado a atividade em parceria com outros colegas (em trio, no caso da HEC, e em dupla, no caso da FDC) pode ter contribuído para uma melhor compreensão do entendimento da análise, no entanto suas respostas evidenciaram um número maior de dificuldades do que compreensão das *características* relacionadas às quatro *naturezas* da convergência.

#### **4.4 Relacionando o Todo da pesquisa: conexões e reflexões**

Esta pesquisa possibilitou a aplicação das estratégias didáticas e a análise dos resultados coletados nos dois grupos investigados. Em tais intervenções, podemos verificar e corroborar que a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos propicia lentes teóricas para

discussão de aspectos da NdC tanto nas narrativas da HC em episódios científicos como possui relevância como base referencial para orientar análises de propostas didáticas.

Pelo fato da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos terem fundamentado a estrutura teórico-metodológica das *estratégias didáticas analíticas discursivas de episódios e de proposta didática*, pode-se explorar, desenvolver e amadurecer as quatro naturezas desta convergência tanto no processo teórico de criação de tais estratégias, como no processo teórico-empírico concernente à aplicação da pesquisa.

A seguir, será apresentada uma síntese do material coletado, nos dois grupos, referente ao questionário sobre concepções da NdC (Apêndice B), de modo a expor inicialmente o quanto as respostas dos estudantes foram coerentes ou denotaram equívocos em relação as concepções trabalhadas e que se fundamentam nas quatro naturezas da convergência epistemológica. Após isso, tais respostas serão discutidas com os principais resultados e reflexões de cada estratégia didática aplicada em tais turmas.

Refletindo as respostas dos estudantes quanto ao Questionário referente às concepções da NdC (Apêndice B) coletadas antes de tais intervenções didáticas, em relação às respostas às perguntas 1 e 2 relacionadas à *natureza dinâmica e evolutiva*, no geral, os dois grupos HEC e FDC trouxeram respostas coerentes em relação a tais questões, principalmente, considerando a pergunta 1, visto que os dois grupos apresentaram, em suas respostas, um entendimento do conhecimento científico como um saber mutável e passível de questionamentos.

Em relação ao entendimento de como a ciência se desenvolve (questão 2), observou-se nas respostas dos estudantes da disciplina HEC, de uma forma acentuada, a ênfase para a perspectiva de resolução de problemas no campo científico. A seguir são apresentadas algumas respostas de tais estudantes.

**A curiosidade humana, a solução de problemas** que afligem a humanidade. (Marie, grifo nosso)

Atravéz [através] **da resolução de problemas**. Temos um problema para resolver de [que] deve-se estudar formular hipóteses e testar as mesmas através de experimentos que possam fundamentar a resolução de tal problema. (Byron, grifo nosso)

A ciência se desenvolve **por meio de problemas** que podem ser internos ou externos à comunidade científica e acabam interferindo na dinâmica da agenda de pesquisa. As teorias já existentes, juntamente com evidências empíricas conduzem a elaboração de hipóteses que são testadas e validadas originando conjecturas não válidas que dão início [início] a um novo ciclo de **estudo ou à [a] conjecturas válidas que estabelecem respostas válidas a ao problema até que o ciclo recomece**. (Herschel, grifo nosso).

Acredito que o desenvolvimento científico ocorre quando se tem um **problema ou uma anomalia** em um "sistema" que causa grande impacto social, tanto na sociedade científica quanto na civil. (Heisenberg, grifo nosso)

Reflete-se que a estudante Herschel, traz em sua resposta, algumas relações que remetem à epistemologia popperiana, no sentido de relacionar o desenvolvimento científico pela lógica das conjecturas e refutações discutidas por Karl Popper.

Na disciplina FDC, quanto à pergunta 2, percebeu-se um misto de concepções vigentes e equivocadas sobre a NdC. O estudante Turing traz uma resposta que se relaciona aos debates contemporâneos sobre a dinâmica do fazer científico, segundo o trecho a seguir.

Baseado em saberes prévios, alicerçando novas descobertas ou derrubando conceitos já estabelecidos. (Turing)

Por outro lado, tem-se algumas concepções apontando para a noção de conhecimento relacionada a um caráter absoluto e que métodos científicos comprovam teorias, conforme as respostas mencionadas a seguir.

O conhecimento científico se dá através de estudos sobre determinadas teorias e é construído através de métodos científicos, **que comprovam determinadas teorias**. Porque somente através de experimentação ou métodos científicos pode se desenvolver o conhecimento científico. (Bouman, grifo nosso)

Na busca do conhecimento e fundamentos daquilo que existe, **a busca da verdadeira pesquisa e caráter absoluto** da verdade. (Katherine, grifo nosso)

Em relação às perguntas 3 e 4, que exploram aspectos relacionados à *natureza razão objetiva* (quanto à *racionalização da experiência*) e a *natureza dialética* (referente à *perspectiva de diálogo entre o campo teórico e o campo empírico*), observou-se que, em tais concepções, no geral, foram coerentes nos dois grupos. Apesar de que no grupo FDC tenha-se verificado uma maior ênfase em concepções que entendem a experiência como comprovadora das teorias científicas. A resposta a seguir expõe essa perspectiva discutida sobre o entendimento da experiência.

É de grande importância, através das experiências que surgem as comprovações e o ensino aprendizagem. (Meitner)

Já quanto à pergunta 5 envolvendo a relação observação-teoria, que se direciona à *natureza razão objetiva*, observou-se no grupo HEC, em linhas gerais, que algumas das respostas expõe indiretamente uma noção empírico-indutivista do conhecimento. Como exemplo, tem-se a resposta da estudante Marie.

**Observação, hipóteses**, experimentos, lei, teoria. (Marie, grifo nosso)

Ainda no contexto da disciplina HEC, os estudantes Heisenberg e Herschel enfatizam uma compreensão coerente, em relação à discussão da referida pergunta 5, de modo a entender as teorias como guias para as observações no campo científico, como exemplo tem-se a resposta da estudante Herschel a seguir.

**As teorias guiam a observação.** A cosmovisão do pesquisador **direciona a forma como ele compreende o mundo** a sua volta e percebe seus problemas. (Herschel, grifo nosso)

No grupo FDC, tem-se em grande parcela, a compreensão de que a observação e a teoria estão interligadas. Como exemplo, são mencionadas, a seguir, algumas respostas.

Essa relação **se dá em conjunto**, porque a **observação depende da teoria**. (Émilie, grifo nosso)

**São complementares.** (Meitner, grifo nosso)

Embora a estudante Bouman exponha um entendimento da observação como base fundamental para a ciência, relevante para o estabelecimento de uma base sólida e objetiva do conhecimento. Segundo a estudante

Observação no campo científico [científico] é importante, **pois através da observação que se inicia a ciência**, produzindo uma base firme e objetiva do conhecimento. (Bouman, grifo nosso)

Em relação à pergunta 6, referente à *natureza dialética*, observou-se, nas respostas do grupo HEC, uma ênfase no entendimento de que os desenvolvimentos tecnológicos impulsionam os avanços no campo científico, como apontam as respostas a seguir

Sim, porque o nosso mundo **está sempre em evolução**, sempre tem novas coisas surgindo, novas tecnologias sendo desenvolvidas para melhorar e aperfeiçoar os métodos de provar as teorias e experimentos. É claro que **a curiosidade humana é um dos principais motores para o avanço da ciência**, mas **a tecnologia, sem dúvida alguma, é uma das principais (se não é a principal) responsáveis por tudo que a humanidade construiu até aqui**. (Hipátia, grifo nosso)

Sim, pois, a busca por desenvolvimento tecnológico, seja para resolução de problemas sociais urgentes, seja para geração de lucro, **irá desencadear investigações no campo científico que podem conduzir ao desenvolvimento da ciência**. (Herschel, grifo nosso)

Sim, pois com o passar do tempo novas tecnologias vem [vêm] sendo desenvolvidas, e com **essas tecnologias abrem-se portas para novas descobertas**, que sem tecnologia avançada não seria possível a descoberta. (Marie, grifo nosso)

No grupo da disciplina FDC, verificou-se também o entendimento de que os desenvolvimentos tecnológicos influenciam novos desenvolvimentos científicos, tanto no sentido de que a ciência necessita de tais recursos oriundos dos desenvolvimentos tecnológicos, como a noção de que ambas, ciência e tecnologia, estão interligadas.

Com certeza. O **desenvolvimento tecnológico nos permite ter mais ferramentas** para a **testagem e observação**. (Turing, grifo nosso)

Sim, a **tecnologia é aliada da ciência**. (Meitner, grifo nosso)

A compreensão de que a tecnologia influencia diretamente e indiretamente o desenvolvimento científico, facilitando o processo e servindo como ferramenta para observação e comprovação de teorias é trazida pela estudante Bouman, conforme o trecho a seguir.

Sim, influencia diretamente e indiretamente, **podendo facilitar o processo do desenvolvimento científico [científico]** e também **como uma ferramenta para observação e comprovação** de teorias. (Bouman, grifo nosso)

Quanto à pergunta 7, fundamentada na *natureza dialética*, os dois grupos apresentaram respostas coerentes com a *característica* da referida *natureza*. A seguir alguns exemplos dos dois grupos.

Sim, o **debate de ideias é bastante relevante para construção do conhecimento**, pois, existem várias formas de se pensar e sobre o determinado assunto **permite elaborar a melhor hipótese**. (Heisenberg, grifo nosso)

Acredito que sem pluralidade de ideias, sem **uma circulação intercoletiva de ideias entre diferentes coletivos de pensamento não há desenvolvimento científico** de fato. (Herschel, grifo nosso)

Sim, porque **a ciência não é uma coisa individual, existem diferentes pessoas, diferentes ideias e diferentes formas de construí-la**. (Hipátia, grifo nosso, grifo nosso)

Sim, pelo fato do conhecimento científico ser construtivo, acredito **que um plural de ideias e diálogo de visões diferentes, podem acrescentar qualidade no saber científico** e importantes aspectos para a compreensão de visões diferentes. (Bouman, grifo nosso)

Sim. São através de opiniões e pontos de vista que se compreende e se chega a uma conclusão ou solução, usando todos os  **fatos coletados a partir de diferentes ângulos do contexto abordado**. (Niels, grifo nosso)

Quanto à questão 8 fundamentada na *natureza normatividade*, no grupo da disciplina HEC observou-se tanto o entendimento de que a ciência é uma forma cética de pensar sobre o universo e que existem regras a serem seguidas, como a noção de que as regras auxiliam no

desenvolvimento e integração do conhecimento. De modo a exemplificar tem-se a resposta da estudante Hipátia.

Cada pessoa tem uma forma de olhar para o mundo à sua volta e entendê-lo. Dentre diferentes formas de olhar e entender a realidade, **a ciência pode ser vista como uma forma de pensar sobre o universo e de interrogá-lo ceticamente, mas sim, acredito que existem regras a serem seguidas.** (Hipátia, grifo nosso)

Um outro viés apontado foi de que não existem regras no campo científico, trazidos por Heisenberg e Byron

**Acho que não**, desde que seja realizado por um processo rígido no desenvolvimento científico, **acredito que tudo vale.** Se **não houvesse diferentes formas de pensamento, talvez, a ciência que conhecemos hoje seria bem diferente.** (Heisenberg, grifo nosso)

**Acho que não.** (Byron, grifo nosso)

Embora o estudante Heisenberg tenha pontuado uma discordância quanto à existência de regras no campo científico, a sua resposta deixa margens ambíguas para interpretação. Observa-se que a resposta deste aluno remete superficialmente à perspectiva feyerabendiana.

Já no grupo da disciplina FDC, todas as respostas pontuaram a concordância em relação à existência de regras no campo científico, de modo a entendê-las, como por exemplo, do ponto de vista ético, ou em relação ao cumprimento de métodos específicos para a validação do conhecimento e também como limitadoras da subjetividade e direcionadoras da produção de conhecimentos.

**Sim, acho que são importantes do ponto de vista ético.** (Meitner, grifo nosso)

**Sim. Não diria bem regras, mas sim métodos que devem ser seguidos para que haja um desenvolvimento científico com legitimidade,** e caso estes métodos não sejam seguidos pode se ocasionar "duvidas [dúvidas]" sobre a ciência. (Bouman, grifo nosso).

**Sim. Elas interferem de modo a coibir a subjetividade, direcionando a pesquisa para a produção de conhecimentos válidos.** (Niels, grifo nosso)

As respostas do questionário sobre concepções da NdC, quando relacionadas aos resultados de cada estratégia discutida nesta pesquisa denotam que os estudantes, dos dois grupos, possuíam conhecimentos prévios mais coerentes em relação às *naturezas dinâmica e evolutiva e dialética*. Salvo os casos como as da *característica diálogo entre o campo teórico e o campo empírico* e o *tratamento de anomalias e obstáculos*, ambas com o número muito baixo de acertos na atividade referente à *estratégia discursiva de episódios* e às compreensões conceituais equivocadas discutidas na análise desta estratégia discursiva envolvendo as *naturezas dinâmica e evolutiva e a natureza dialética*.

A *natureza razão objetiva*, em grande parcela, demonstrou respostas coerentes e, por outro lado, também evidenciou concepções equivocadas nos dois grupos, mas com uma ênfase maior no grupo FDC. Ressalta-se que alguns estudantes demonstraram confundir conceitualmente as *características racionalização da experiência* e a *perspectiva de relação interdependente do desenvolvimento científico e tecnológico* oriunda da *natureza dialética* na atividade envolvendo a *estratégia discursiva de episódios*.

A *natureza normatividade* apresentou poucas associações coerentes ao longo do processo de discussão das três estratégias didáticas aplicadas, salvo a atividade envolvendo a *estratégia discursiva de episódios*, visto que o grupo da disciplina HEC apresentou um número maior de acertos em relação a esta *natureza* da convergência.

Já em relação à *estratégia Redes de Conhecimento*, por possuir uma identidade teórico-estrutural distinta das demais estratégias, evidenciou também novas possibilidades para se abordar a NdC no Ensino de Ciências. A sua identidade estrutural possibilita lentes teóricas para se explorar diferentes concepções epistemológicas no Ensino de Ciências, além da convergência.

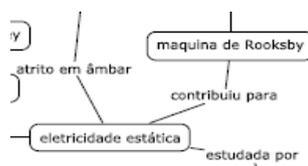
Quanto à ideia desta pesquisa de tese, apresentada na subseção 1.5, envolvendo a defesa da relação entre a convergência epistemológica e a *Estratégia Redes de Conhecimento*, pode-se verificar que tal interligação foi relevante para a discussão da convergência na perspectiva de análise de episódio.

Compreendemos, ainda, que a relação entre tal convergência epistemológica e a *Estratégia Redes de Conhecimento*, no contexto de formação de professores de ciências - considerando esta amostragem da pesquisa - denota potencial para a referida área de formação. Os dados coletados possibilitaram corroborar a hipótese principal da pesquisa. Observou-se que tanto a convergência epistemológica como as *Redes de Conhecimento* permitem a abordagem dos conteúdos científicos por uma perspectiva teórico-empírica, como por um enfoque epistemológico do fazer científico.

Tal relação entre a referida convergência e as *Redes de Conhecimento* possibilita explorar a ênfase teórico-empírica dos conteúdos científicos, visto que as *Redes de Conhecimento* construídas pelos alunos trazem elementos teóricos e empíricos nas suas discussões. Tem-se, de um modo visível, o esforço dos estudantes em buscar identificar os aspectos conceituais e empíricos ilustrados no episódio analisado. Ainda que também se observam muitos equívocos conceituais e interpretativos, principalmente no grupo da disciplina

FDC. Como exemplo de relações entre aspectos conceituais e empíricos elaborados pelos estudantes, seguem os recortes das redes de conhecimento de Herschel e Heisenberg (Figuras 35 e 36):

Figura 35: Recorte da rede de conhecimento construída pela estudante Herschel para exemplificar as relações entre aspectos teóricos e empíricos.

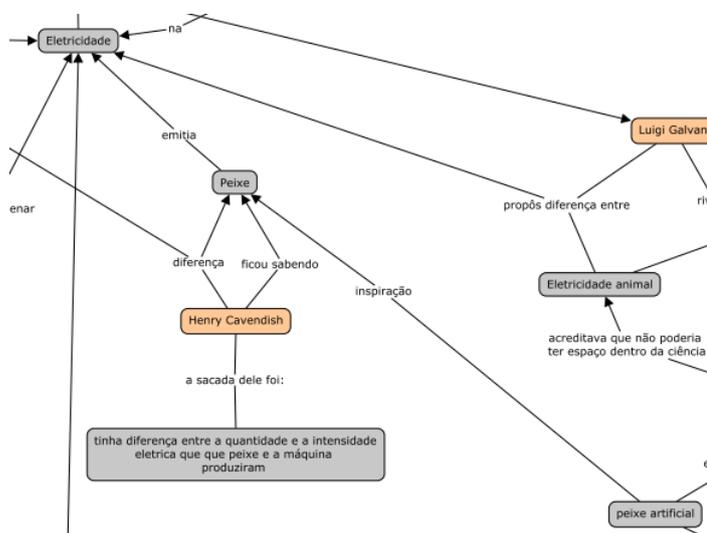


Fonte: dados coletados no grupo da disciplina HEC.

Embora a aluna cometa um erro em relação ao nome do filósofo natural Hauksbee, compreende-se, em sua rede de conhecimento, uma relação entre o aspecto empírico (máquina de Hauksbee) e o aspecto conceitual (eletricidade estática).

A seguir, apresenta-se a rede de conhecimento do aluno Heisenberg.

Figura 36: recorte da rede de conhecimento construída pelo estudante Heisenberg para exemplificar as relações entre aspectos teóricos e empíricos.



Fonte: dados coletados no grupo da disciplina HEC.

O recorte do estudante Heisenberg ilustra também tais aspectos conceituais (problema envolvendo a eletricidade e a diferenciação conceitual realizada por Cavendish em relação à quantidade e intensidade elétrica) e empíricos (experimento envolvendo o peixe artificial e a máquina de Hauskbee).

Nas respostas dadas aos questionários autoavaliativos referentes à identidade estrutural das *Redes de Conhecimento*, os estudantes Heisenberg e Herschel expõem também tais relações teórico-empíricas.

Sim, foi quando Henry Cavendish compreendeu que o peixe emitia a mesma eletricidade com menor intensidade. Vendo que era a mesma energia entre a produzida artificialmente e a dos seres vivos, mas com intensidade (Heisenberg).

Sim. Relacionei a maquina [máquina] de Rooksby [Hauksbee] à[a] vários conceitos que foram desenvolvidos a partir de sua utilização nos experimentos. O desenvolvimento da pilha por Volta que contribuiu para a compreensão sobre o fluxo contínuo de eletricidade e também para o desenvolvimento de outros campos. Poderia ter relacionado mais (Herschel).

Como se pode perceber, nos dois trechos citados, as respostas dos dois alunos expõem aspectos conceituais e empíricos retirados das suas *Redes de Conhecimento*.

Pontua-se que a referida relação, defendida nesta tese, permite observar elementos que possibilitam abordar os conteúdos por uma perspectiva epistemológica, visto que nas lentes teóricas das *Redes de Conhecimento* permitem-se abordar aspectos conceituais e empíricos, como a utilização de hipóteses, a criação/amadurecimento de teorias, a elaboração de experimentos, bem como explorar as relações entre as redes sociais e as redes teórico-empíricas por uma perspectiva temporal do desenvolvimento científico. Nas respostas ilustradas acima, percebe-se que os estudantes, Heisenberg e Herschel, conseguiram selecionar, na análise do episódio, os aspectos conceituais e empíricos, propiciando, assim, condições para que se pudesse discutir suas *Redes de Conhecimento* pelo enfoque histórico-filosófico da convergência epistemológica. Deste modo, defende-se que, pelo fato de a *Estratégia Redes de Conhecimento* possibilitar tal enfoque dos conteúdos científicos, compreende-se que a referida convergência possui meios/caminhos para ser discutida como uma lente teórica na análise de tais *Redes de Conhecimento* construídas. As respostas dos estudantes Heisenberg, Herschel e Hipátia explicitam alguns elementos da convergência para discussão, a seguir:

Sim, entre Luigi Galvani e Alessandro Volta, estes eram rivais e havia contraste de ideias entre estes cientistas, até mesmo no trabalho empírico destes haviam[havia] uma convergência, isso se mostra na relação deles, já que eram rivais intelectualmente (Heisenberg).

Não sei se ficou claro na minha rede, mas a contraposição de ideias também contribuiu fortemente para o desenvolvimento de artefatos e conceitos relacionados ao estudo dos fenômenos elétricos (Herschel).

Sim, porque ao longo do tempo é abordado na rede a dinâmica e evolução dentro de uma perspectiva mutável do pensamento científico (Hipátia).

Heisenberg e Herschel trazem relações da *natureza dialética* em suas redes e a estudante Hipátia pontua uma relação quanto à *natureza dinâmica e evolutiva*. Heisenberg utiliza para exemplificar a sua compreensão da *natureza dialética*, em sua rede de conhecimento, a relação de rivalidade intelectual entre os filósofos naturais Luigi Galvani e Alessandro Volta apresentada no episódio trabalhado. Herschel pontua como exemplo da *natureza dialética*, em sua rede de conhecimento, a confrontação de ideias pelos filósofos naturais, como importante influenciadora para o desenvolvimento dos estudos concernentes aos fenômenos elétricos. Já Hipátia traz, em sua resposta, uma explicação geral da *natureza dinâmica e evolutiva* em suas *Redes de Conhecimento* do episódio analisado.

Ainda quanto possíveis relações entre as *Redes de Conhecimento* construídas e as quatro *naturezas* nas respostas dos alunos, afirma-se que, no geral, as respostas dos estudantes em seus questionários autoavaliativos possibilitaram perceber elementos de tal relação com diferentes níveis de coerência quanto à identidade teórica de cada uma. No entanto, reflete-se que, se a rede construída pelo estudante não apresentar os aspectos teóricos e empíricos do enfoque da análise do episódio, impossibilita-se a discussão histórico-filosófica com o aporte da convergência epistemológica.

Quando os alunos responderam ao Questionário Reflexivo quanto à relevância das atividades trabalhadas, no que tange à compreensão da NdC em seu processo formativo docente, observam-se alguns elementos importantes para refletir tal possível evidência em favor da ideia de tese desta pesquisa:

Em média sim, principalmente a atividade que das redes de conhecimentos, assim permitindo toda uma compreensão histórica e evolução quanto ao entendimento da eletricidade (Heisenberg).

Sim! Em especial o contraste de ideias entre cientistas contemporâneos, as redes de colaboração entre cientistas e como a conjuntura em que se desenvolveram as teorias e aparatos experimentais foi determinante para tal desenvolvimento (Herschel).

Sim. Com certeza, contribuíram muito, pois dentre as análises abordadas eu havia realizado apenas o mapa conceitual, então resalto que foi bem importante tais atividades (Payne).

Em síntese, esta articulação entre as *Redes de Conhecimento* e a referida convergência epistemológica evidenciou utilidades didáticas, principalmente contribuindo para orientar o olhar do aluno no processo de análise do episódio abordado em relação aos conteúdos por uma perspectiva teórico-empírica, como também epistemológica da ciência. Nesse sentido, por abordar aspectos concernentes à construção e dinâmica da natureza científica contribui para

uma funcionalidade da História da Ciência no ensino sob uma perspectiva mapeadora e reflexiva. Tal contribuição se evidencia através dos mapeamentos específicos da HC ilustrados pelas *Redes de Conhecimento* construídas pelos alunos, visto que tais mapeamentos abordam tanto os aspectos teóricos e empíricos dos conteúdos discutidos no episódio, como também podem explorar relações referentes à NdC, utilizando-se de duas lentes teóricas diferentes e complementares para explorar enfoques distintos da NdC em narrativas da HC. Defendemos que esta relação evidencia um entendimento da História da Ciência, no ensino, sob uma perspectiva de maior clareza mapeadora (com influências diretas das *Redes de Conhecimento*) e reflexiva, visto que possibilita ao estudante um mapeamento específico do episódio analisado, guiado pelas lentes teóricas tanto oriundas das quatro *naturezas* da convergência como do enfoque analítico das *Redes de Conhecimento*.

---

A seguir, serão retomados a pergunta norteadora e os objetivos elencados na introdução deste texto, bem como os principais resultados e reflexões envolvendo a ideia de tese, as estratégias didáticas exploradas e a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos como principal panorama teórico referenciado nesta pesquisa. Após este amarramento teórico-empírico do escopo que foi trabalhado nesta pesquisa, pretende-se apontar alguns aspectos gerais filtrados em relação à referida temática de investigação e possíveis indicações de trabalhos futuros na área.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA

Em relação à pergunta norteadora desta investigação, pôde-se explorá-la e respondê-la ao longo desta tese. Compreendeu-se que a relação entre a convergência epistemológica e o conceito *Redes de Conhecimento* pode ser relevante no sentido de possibilitar duas lentes teóricas diferentes e complementares nas discussões envolvendo características da natureza científica contemporânea em narrativas da HC, através de análises de episódios científicos.

Quanto ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, pôde-se realizar aproximações teóricas entre a convergência epistemológica e a DdC em relação aos enfoques pretendidos. Este objetivo específico foi atendido e materializado nesta tese, no capítulo referente ao momento teórico desta pesquisa (subseção 2.1.2). Ressalta-se que se buscou realizar uma transposição coerente da estrutura da convergência epistemológica no contexto didático e que, a partir desta transposição, ambicionou-se concretizar tais discussões teóricas com enfoque no contexto de formação inicial de professores de ciências.

Em relação ao segundo objetivo específico, pôde-se concretizar tal intento proposto, sendo apresentado nas subseções 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3 do capítulo referente ao momento teórico. Tal relação de aspectos da convergência epistemológica com episódios científicos e o conceito *Redes de Conhecimento* foi materializada através das duas *Estratégias Discursivas* elaboradas (sendo uma referente à perspectiva de análise de episódios e a segunda referente à perspectiva de análise de proposta didática) e a Estratégia de análise de episódios *Redes de Conhecimento*. A construção e o desenvolvimento do conceito *Redes de Conhecimento*, nesta pesquisa, sofreram influências do processo imersivo dos pesquisadores tanto no que envolveu o enfoque analítico da História da Ciência, através dos episódios científicos, como também no que tange ao uso de mapas conceituais fundamentado por sua técnica de mapeamento conceitual. Um aspecto relevante a se enfatizar é que a relação entre a convergência epistemológica e as *Redes de Conhecimento* possibilitou uma combinação significativa que, por sua vez possibilita (fornece), ao aluno, meios para se explorar a técnica de mapeamento conceitual e a análise de episódios científicos. Tais estratégias (*Discursiva de episódios* e *Redes de Conhecimento*) demonstram atuar como diferentes lentes cognitivas para se entender a História da Ciência por distintas perspectivas. A *Estratégia Discursiva de episódios* foca em aspectos metaconceituais ou discursivos, adentrando-se, por exemplo, em discussões que abrangem perspectivas processuais, dinâmicas e dialéticas do pensamento científico na História da Ciência. Já as *Redes*

*de Conhecimento* se focam nas principais relações, tanto conceituais quanto às existentes entre cientistas e conceitos em relação à HC. A *Estratégia Discursiva de episódios* não é tão relevante quanto ao esclarecimento das principais discussões, envolvendo relações conceituais e sociais na análise da HC, o que para as *Redes de Conhecimento* já é explorada em seu processo construtivo. Nesse sentido, compreende-se que tais Estratégias didáticas, de análise de episódios, representam funcionalidades e finalidades distintas dos processos de ensino e de aprendizagem.

Quanto ao terceiro objetivo específico desta pesquisa, pôde-se abordá-lo e respondê-lo no capítulo referente ao momento teórico-empírico desta tese, o qual tem, por objetivo principal, discutir a aplicação das estratégias didáticas, elaboradas com o intuito de analisar a compreensão dos estudantes sobre a convergência epistemológica no âmbito da DdC. Isso foi feito através da perspectiva de análise de episódios e de proposta didática. Buscou-se, também, investigar a compreensão dos estudantes quanto à relação entre a referida convergência e as *Redes de Conhecimento*. Pôde-se compreender assim que os estudantes conseguiram discutir e utilizar a convergência tanto na perspectiva de análise de episódios, como também na de proposta didática. Eles enfrentaram dificuldades inerentes às especificidades de cada estratégia didática trabalhada, sendo que as dificuldades e limitações foram distintas em cada estratégia abordada quanto nas quatro *naturezas* da convergência. Neste momento de aplicação da pesquisa, podemos verificar que a convergência denotou diferentes possibilidades em seus contextos de discussão, no sentido de ser útil para a análise de episódios e também como referência para a análise de proposta didática. Em relação à *Estratégia Discursiva de Episódios*, observa-se que a convergência epistemológica conseguiu ser explorada com maior integralidade quanto às suas características no que tange à perspectiva de análise de episódios, embora o formato da atividade (questionário de múltipla-escolha) tenha limitado, em parte, o processo de análise do episódio por parte do estudante. Considerando a convergência associada às *Redes de Conhecimento*, pontua-se que, pelo fato de previamente indicarmos relações das quatro *naturezas* da convergência, no questionário autoavaliativo, tenha talvez restringido o potencial associativo da relevância da convergência nas redes construídas e analisadas pelos estudantes. Quanto à transposição da convergência na perspectiva de análise de proposta didática, tem-se que os dois grupos apresentaram dificuldades no entendimento dos critérios de análise fundamentados na convergência. A *razão objetiva* foi mais associada corretamente nos dois grupos, principalmente, com referência ao formato da atividade ou da proposta. A *normatividade* recebeu pouquíssimas relações e todas foram equivocadas. Coloca-se também

que tal *natureza* não é muito explorada pela proposta didática abordada, o que explica de certa forma o número de relações realizadas pelos estudantes.

Em linhas gerais, entende-se que esta tese possibilitou trabalhar duas das principais problemáticas discutidas na literatura, envolvendo a seguinte temática de pesquisa: Como operacionalizar a HFC no contexto de formação docente? E como explorar/desenvolver o PCK/NdC no contexto de formação de professores? As estratégias didáticas exploradas, nas duas disciplinas de graduação, possibilitaram um arcobouço teórico-instrumental relevante para as discussões que interligam a HC e a Filosofia da Ciência na perspectiva de formação inicial de professores. Acrescente-se, finalmente, que a segunda problemática, acima referida (a PCK/NdC) carece ainda de novos estudos e discussões, principalmente, em relação às diferentes formas didáticas de se abordar tais conteúdos histórico-filosóficos no contexto formativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACLAND, Alicia. Interdisciplinariedad en un caso de enseñanza. **Intercambios: Dilemas y Transiciones de la Educación Superior**, Montevidéo, v. 1, n. 2, p. 40-49, 2014.

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. 2001. 622 f. (Tesi doctoral) - Programa de Doctorat en Didactica de les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2001.

ALLCHIN, Douglas. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014.

ALLCHIN, D. (2010). From Rhetoric to Resources: New Historical Problem- Based Case Studies for Nature of Science Education. 1ª Conferencia Latino Americana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group. **Atas da Conferencia Latino Americana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group** (Impresso).

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALVES, Karla dos Santos Guterres. **A Didática das Ciências como disciplina acadêmica: proposta para formação de professores**. Curitiba: Appris, 2014.

ALVES, V. L. O.; OLIVEIRA, F. L.; TEIXEIRA, S.; LINHARES, M. P. A História da Ciência e o uso de mapas conceituais: Uma proposta para formação de professores de física. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, 2013.

ARCHILA, Pablo Antonio. Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation. **Science & Education**, v. 24, n. 9-10, p. 1201-1226, 2015.

ARRIASSECQ, I; GRECA, I. M. Algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordaje de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio y polimodal. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 55 – 69, 2002.

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. Lisboa: Edições 70, 1996a.

BACHELARD, G. **A Epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2001.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996b.

BACHELARD, G. **A filosofia do não – filosofia do novo espírito científico**. 3a ed. Lisboa, Portugal: Editora Presença, 1984.

BATISTA, I. L.; ARAMAN, E. M. O. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de Ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8. n. 2, 2009.

BERMUDEZ, G. M. A. Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. **Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 66-90, 2014.

BØE, M. V.; HENRIKSEN, E. K.; ANGELL, C. Actual versus implied physics students: How students from traditional physics classrooms related to an innovative approach to quantum physics. **Science Education**, v. 102, n. 4, p. 649-667, 2018.

BOARO, D. A. **Uma investigação sobre o uso de aspectos epistemológicos nas estratégias didáticas de futuros professores de física no estágio supervisionado**. Dissertação de Mestrado Acadêmico em Ensino de Física, 2017.

BOARO, D. A.; MASSONI, N. T. O uso de elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC) em aulas de física em uma disciplina de estágio supervisionado: alguns resultados de pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n.3, pp. 110-144, 2018.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, F.; TERADES, I. M. A emergência da didáctica das Ciências como campo específico de conhecimento. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n.1, p.155-195, 2001.

CANATO JUNIOR, O. **Física Quântica e formação docente: confluência de várias redes** [tese de doutorado em Ensino de Ciências], São Paulo: Universidade de São Paulo, 271p, Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química, 2014.

CARDOSO, F.; NEVES, M. D.; BATISTA, I. L. Abordagens didáticas a respeito da natureza da ciência: uma análise de tendências e padrões. **Revista Valore**, Volta Redonda, 6ª edição, 693-705, 2021.

CARVALHO, C. S.; FELICIANO, F. J.; LUCAS, L. B. Abordagens metodológicas de ensino na formação inicial de professores de Ciências e Biologia: um curso formativo sobre o enfoque histórico-filosófico da Ciência. **BECM**, Passo Fundo, v. 1, n. 2, 2018.

CHACÓN, Á. R.; MOSQUERA, Y. A.; MEJÍA, L. S. Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. **CPU-e. Revista de Investigación Educativa**, n. 23, p. 75-98, 2016.

CHAMIZO, J. A. El aprendizaje de la historia experimental de la química. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 26, 2009.

DENZIN, N. K. (1988). Triangulation in educational research. In Keeves, J. P. (Ed.) **Educational research, methodology, and measurement. An international handbook** (pp. 318-322). Oxford: Pergamon Press.

FERREIRA, G. K.; CUSTÓDIO, J. F. Cenários do Debate sobre a Natureza da Ciência nos Cursos de Licenciatura em Física no Brasil. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 1022-1066, ago. 2021.

FORATO, T.C.M. (2009). **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz**. [Doutorado em Educação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

FORATO, T. C. DE MELLO; BAGDONAS, A; TESTONI, L. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**, 2017.

FORATO, T. C. DE MELLO; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. DE ANDRADE. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1: p. 27-59, abr. 2011.

FORATO, T. C. M. Preparação de professores para problematização da pseudo-história em materiais didáticos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [en línea], 2013, n.º Extra, pp. 1316-21, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307153> [Consulta: 27-10-2021].

FORATO, T.C.M., MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Sci & Educ** 21, 657–682 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9419-3>

GALILI, Igal. From Comparison Between Scientists to Gaining Cultural Scientific Knowledge. **Science & Education**, v. 25, n. 1-2, p. 115-145, 2016.

GARCÍA-CARMONA, A. La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. **Revista de Educación**, 394. Octubre-Diciembre 2021, pp. 241-270.

GARIK, P.; GARBAYO, L.; BENÉTREAU-DUPIN, Y.; WINRICH, C.; DUFFY, A.; GROSS, N.; JARIWALA, M. Teaching the Conceptual History of Physics to Physics Teachers. **Science & Education**, v. 24, n. 4, p.387-408, 2015.

GERICKE, N.; HAGBERG, M.; JORDE, D. Upper Secondary Students' Understanding of the Use of Multiple Models in Biology Textbooks - The Importance of Conceptual Variation and Incommensurability. **Research In Science Education**, v. 43, n. 2, p. 755-780, 2013.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las ciencias**, 11 (2),p. 197-212, 1993.

GUARNIERI, P. V.; GATTI, S. R. T. A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Química: reflexões sobre a formação de professores a partir dos trabalhos apresentados nos ENPECs entre 2011 e 2015. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**, 2017.

GUARNIERI, P.V. **A articulação da História e da Filosofia da Ciência e o Ensino em cursos de licenciatura em Química de uma universidade pública do Estado de São Paulo**. 2018. 231 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2018.

HIDALGO, M. R. **Orientações epistemológicas de professores de ciências em formação inicial: uma análise sobre as concepções de Ciências, de Ensino de ciências e suas inter-relações**. 289 f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, 2019.

HENKE, A.; HÖTTECKE, D. Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching. **Science & Education**, v. 24, n. 4, p. 349-385, 2015.

HYGINO, C. B, SOUZA, N. DOS SANTOS; LINHARES, M. P. Episódios da história da ciência em aulas de física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao método de estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 12, n. 1, 1-23, 2013.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, v. 20, p. 591-607, 2011.

JENKINS, E. W. The 'nature of science' in the school curriculum: the great survivor. **Journal Of Curriculum Studies**, v. 45, n. 2, p. 132-151, 2013.

JOHNSON, S. **A invenção do ar: uma saga de ciência, fé, revolução e o nascimento dos Estados Unidos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

JORGE, C. F. B; VALENTIM, M. L. P. A importância do mapeamento das redes de conhecimento para a gestão da informação e do conhecimento em ambientes esportivos: um estudo de caso no Marília Atlético Clube. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 21, n.1, p.152-172, jan./mar. 2016.

KALMAN, C. S.; LATTERY, M. J. Three Active Learning Strategies to Address Mixed Student Epistemologies and Promote Conceptual Change. **Frontiers In Ict**, v. 5, p. 1-9, 2018.

KENDIG, C. Integrating History and Philosophy of the Life Sciences in Practice to Enhance Science Education: Swammerdam's *Historia Insectorum Generalis* and the Case of the Water Flea. **Science & Education**, v. 22, n. 8, p. 1939-1961, 2013.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Alianza Editorial, 1993.

LAKATOS, I. **Falsificação e Metodologia dos programas de investigação científica**. Edições 70, 1999.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. 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*, Hoboken, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10034>.

LOGUERCIO, R. de Q.; DEL PINO, J. C. Em defesa do filosofar e do historicizar conceitos científicos. **História da Educação (UFPel)**, v. 11, p. 67-96, 2007.

LOMMI, H., KOPONEN, I. Network cartography of university students' knowledge landscapes about the history of science: landmarks and thematic communities. **Appl Netw Sci** 4, 6 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41109-019-0113-8>

FORATO, T.C.M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz**. 2009. Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

MACÊDO, A. A.; ALVES, F. R. V.; BARROSO, M. C. S. Uma análise das categorias da história e filosofia das ciências nos periódicos de ensino de ciências. **REnCiMa**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 741-760, out./dez. 2020.

MAURÍCIO, P.; VALENTE, B.; CHAGAS, I. A Teaching-Learning Sequence of Colour Informed by History and Philosophy of Science. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 7, p. 1177-1194, 2017.

MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C. História e Filosofia da Ciência Relacionada ao contexto didático: apresentação de uma convergência epistemológica fundamentada na dinamicidade da História da Ciência. **E-book do 37º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química: EDEQ - 37 anos: Rodas de Formação de Professores na Educação Química**. Rio Grande: Editora da FURG, 2017. p. 909-916.

MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História Da Ciência: da teoria do Flogístico ao Calórico de Lavoisier. In: I Encontro Regional de Ensino de Ciências - EREC, 2017, Santa Maria/RS. **Anais do I Encontro Regional de Ensino de Ciências: Perspectivas, metodologias e novas tecnologias**. Bagé/RS: EdUnipampa, 2017.

MAXIMO-PEREIRA, M.; SOUZA, P. V.S.; LOURENÇO, A. B. Mapas Conceituais e a Elaboração de Conhecimento Científico na História da Ciência: algumas aproximações teóricas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21017, 2021.

MACHADO, S. F. R.; PIZZATO, M. C.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Gaston Bachelard e Imre Lakatos: uma convergência epistemológica fundamentada na dinamicidade da História da Ciência. **Pensando – Revista de Filosofia**, v. 12, nº 25, 2021.

MACHADO, S. F. R. **Uma proposta de articulação entre epistemologia e história da ciência como fundamentação teórica à construção de episódio em ciências**. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MACHADO, S. F. R.; PIZZATO, M. C.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C.; Como se encontram os estudos da Didática das Ciências relacionados à História e

Filosofia da Ciência na literatura contemporânea? **Revista Ciências & Ideias**. v. 11, n.2 2020.

MARTINS, R. Introdução: A história e seus usos na educação. Em C.C. Silva (Ed.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino** (pp. vii-xxx). São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, A. F. P. Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em ensino de ciências. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina - PR. **Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2006. v. 1. p. 1-12.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, dez. 2015.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007.

MARTINELLI, N. R. B. S.; MACKEDANZ, L. F. Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Santa Catarina, v.12, n.3, p.164-214, dez, 1995.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge. 1994.

MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Hand book of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. 1ª ed. New York: Springer Science+business Media Dordrecht, 2014. 2532 p.

MATTHEWS, M. R. **Time for science education: How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion can Contribute to Science Literacy**. 1ª ed. New York: Springer Science + Business Media. 2000. p. 440.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: from nature of science to features of science. In KHINE, M. S. (Ed.), **Advances in nature of science research**. 1ª ed. Dordrecht: Springer. 2012. p. 3-26.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, e20003, 2020 <https://doi.org/10.1590/1516-731320200003>

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.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. Análise Textual Discursiva: Processo Reconstutivo de Múltiplas Faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORENO, J. A. C. Conocimiento práctico, historia, filosofía y enseñanza de la biología: el caso de la herencia biológica. *Tecné, Episteme y Didaxis*: **Revista de La Facultad de Ciencia y Tecnología**, n. 34, p. 103-125, 2013.

MOREIRA, M. A. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/ física/** Marco A. Moreira, Neusa T. Massoni – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2000. 383p.

MOREIRA, M. A; ROSA, P. Mapas conceituais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 3(1): 17-25, abr. 1986.

MUÑOZ, F.; VALENCIA, E.; CABRERA-CASTILLO, H. G. Situaciones Científicas Escolares Problemáticas a partir del análisis del Experimento V de Robert Boyle. **Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 115-125, 2017.

NASCIMENTO, L. A; CARVALHO, H. R.; SILVA, B. V. C. A História e a Filosofia da Ciência como recurso didático: discutindo o seu uso com professores de ciências em formação. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.7 n.1, 2017.

NIAZ, M. (2011). Formación de Profesores de Ciencias: Una Perspectiva basada en la Historia y Filosofía de la Ciencia. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, (30).

NIAZ, M; KWON, S; KIM, N; LEE, G. Do general physics textbooks discuss scientists' ideas about atomic structure? A case in Korea. **Physics Education**, v. 48, n. 1, p. 57-64, 2013.

NIAZ, M. Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. **Science & Education**, v. 18, n. 1, p. 43-65, 2009.

NOVAK, J. D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010.

OKI, Maria da Conceição Marinho. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, nº. 4, 1072-1082, 2009.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de. **Natureza da ciência por meio de narrativas históricas: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX**. 2019. 231f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

OLIVEIRA, W. C.; DRUMMOND, J. H. F. Refletindo sobre desafios à Inserção Didática da História e Filosofia da Ciência em Oficina de Formação Docente. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, p.151-179, 2015.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma Reorientação Epistemológica da Educação em Ciência. **Ciência & Educação**, v.8, n.1, p.127-145, 2002.

PEREIRA, S. **Análise estrutural das redes sociais**. S.I.: Instituto Piaget, 2008.

PENA, F. L. A.; TEIXEIRA, E. S. Parâmetros para avaliar a produção literária em história e filosofia da ciência voltada para o ensino e divulgação das ideias da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 471-491, dez. 2013.

PERON, T., GUERRA, A., FORATO, T. C. Contextualizando Galileu: Um Possível Caminho para Abordar Natureza da Ciência em Sala de Aula. **VIII Enpec**, Unicamp, 2011.

PIZZATO, M. C. **Enseñanza Coinspirada: Un estudio de Caso en la Formación de profesores de Ciencias**. 2010. Tesis Doctoral (Enseñanza de las Ciencias) - Departamento de Didáctica Específicas, Universidad de Burgos, Burgos, 2010.

RAICIK, A. C. Nos embalos da HFC: discussões sobre a experimentação e aspectos relativos à NdC EM UEPS. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.15, n.2, 2020.

RAPOSO, W. L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 722-738, dez. 2014.

REIS; J. M. C.; KIOURANIS, N. M. M. Um olhar para a literatura: o que tem sido pesquisado sobre a Interface entre formação de professores, história da ciência e natureza da ciência? **Revista Valore, Volta Redonda**, 3 (Edição Especial): 596-607, 2018.

REIS, N. A; SILVA, E. L. Estrutura da Matéria: buscando discutir História da Ciência e Mapas Conceituais no Ensino Superior. **Scientia plena**. vol. 11, n. 6, 2015.

RODA, R.; MARTINS, R. de Andrade. 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, e21060, 2021.

ROSA, V. M. da; GARCIA, I. K. Os mapas conceituais como ferramenta na análise do dinamismo das concepções sobre a natureza da ciência. **Experiências em Ensino de Ciências** V.12, No.5, 2017.

RUSSO, A. L. R. G.; RÔÇAS, G. Analisando as dissertações e teses da área de ensino na perspectiva da História e da Filosofia da Ciência no ensino de química. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia Alexandria**, vol.12, n.1p.157-180, 2019.

SANTOS, M.; MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2020. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2020u581616

SANTOS, F. A.; SANTANA, I. C. H.; SILVEIRA, A. P. A Natureza da Ciência na sala de aula: conhecendo concepções e possibilidades no ensino de ciências. Tear: **Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v.6, n.2, 2017.

SANTOS, S. B.; ODETTI, H. S.; OCAMPO, E. M.; ORTOLANI, A. E.; NASCIMENTO JÚNIOR, B. B. do; SANTOS, B. F. dos; RIBEIRO, M. A. P. A disciplina de História da Ciência e da Técnica: contribuições para o ensino e a formação de Professores de Química. **Educación Química**, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2014.

SILVA, Arthur Rezende da; MARCELINO, Valéria de Souza (org.). **Análise Textual Discursiva (ATD): teoria na prática** [livro eletrônico]. Campos dos Goytacazes, RJ: Encontrografia Editora, 2022.

SCHIRMER, S. B; SAUERWEIN, I. P. S. Recursos Didáticos e História e Filosofia da Ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 14, n. 3, 2014.

SIN, Cristina. Epistemology, Sociology, and Learning and Teaching in Physics. **Science Education**, v. 98, n. 2, p. 342-365, 2014.

SILVA, C. C; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 1602 (2008).

SILVA, P. A. da. **Mapas e redes conceituais: uma proposta metodológica para a construção a partir de textos** [dissertação de mestrado em Ensino de Ciências], Universidade de São Paulo, 2012.

SILVA, E. S; TEIXEIRA, E. S.; PENIDO, M. C. M. Análise de propostas didáticas de física orientadas por abordagens históricas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 766-804, dez. 2018.

SILVA, B. V. C. E MARTINS, A. F. P. O conhecimento pedagógico do conteúdo referente ao tema Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 735-768. 2019.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. Uma proposta para avaliação do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo de futuros professores de Física acerca da temática Natureza da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 389-413, 2018.

SOLBES, J; TRAVER, M. J. La utilización de la Historia de las Ciencias em la Enseñanza de la Física y la Química. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**. v. 14, n. 1, 1996.

SOUZA, R. S.; SILVA, I. L.; TEIXEIRA, E. S. Implementação da HFC em uma proposta didática para o ensino de Mecânica Quântica no âmbito da formação inicial de professores de Física. **Anais Eletrônicos do 17º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, 2020.

SOUZA, F. M.; ARICÓ, E. M. Mapa cronológico da evolução das definições ácido-base: um potencial material de apoio didático para contextualização histórica no ensino de química. **Educación Química**, 2016.

TAVARES, L. C.; MÜLLER, R. C. S.; FERNANDES, A. C. O uso de mapas conceituais como ferramenta metacognitiva no ensino de Química. **Amaz RECM** | v.14 (29) | Especial Metacognição | Jan-Jun 2018. p.63-78.

TEIXEIRA, M. DO ROCIO. FONTOURA. **Redes de conhecimento em Ciências e o compartilhamento do conhecimento** [tese de doutorado em Educação em Ciências]. UFRGS, 2011.

TOMAÉL, M. I. Redes de conhecimento. **DataGramZero**, v. 9, n. 2, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/6257>. Acesso em: 16 mar. 2023.

TSYBULSKY, D.; DODICK, J.; CAMHI, J. The Effect of Field Trips to University Research Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding. **Research In Science Education**, v. 48, n. 6, p. 1247-1272, 2018.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, ago. 2014.

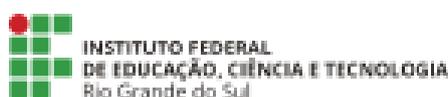
VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. **Canadian Journal Of Science, Mathematics And Technology Education**, v. 15, n. 3, p. 248-260, 2015.

YAMAZAKI, S. C. As ideias de Gaston Bachelard e de Ludwik Fleck: Por uma convergência epistemológica. **Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação**. Número 21: nov/2013-abr/2014, p. 117-135.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado (a) participante:

Você está sendo convidado para participar, como voluntário (a), da pesquisa que tem como responsáveis os pesquisadores Susete Francieli Ribeiro Machado, José Claudio Del Pino e Michelle Camara Pizzato, do Programa de Pós-graduação de Educação em Ciências – Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. A referida pesquisa intitula-se “História e Filosofia da Ciência: explorando convergências epistemológicas ao contexto da Didática das Ciências” e tem como objetivo investigar e aprofundar a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos em relação à História da Ciência ao contexto da Didática das Ciências.

Cabe valorizar que a autora deste projeto de pesquisa compreende que é relevante motivar novas perspectivas teórico-metodológicas ao contexto de sala de aula, de modo a fomentar um distanciamento em relação às concepções alicerçadas no contexto de ensino que remetem à epistemologia tradicional, além de buscar valorizar a qualificação da História da Ciência como um importante cerne das discussões dos conteúdos científicos no campo didático científico.

Sua participação envolve a coleta das produções textuais e orais ao longo da disciplina, como exemplos, os mapas conceituais, os pôsteres produzidos pelos alunos e as respostas às perguntas de cada aula (sendo, também, registradas com o uso de gravador e câmera). Salieta-se que haverá a possibilidade de aulas virtuais em modalidade de ensino a distância em tais intervenções.

A participação nesse estudo é voluntária e se você decidir não participar ou quiser desistir de continuar em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. Na publicação dos resultados dessa pesquisa, sua identidade será mantida no mais rigoroso sigilo, sendo omitidas todas as informações que permitam identificá-lo (a).

Como benefícios da pesquisa almejam-se uma ampliação dos conhecimentos dos estudantes quanto às inter-relações da História e Filosofia da Ciência e a Didática das Ciências ao contexto de sala de aula, de modo a fomentar potencialidades às práticas docentes futuras dos mesmos. Como também, tem-se a pretensão de desenvolver nos estudantes um maior entendimento sobre a natureza construtiva e dinâmica da ciência,



bem como, que tal entendimento possa repercutir positivamente ao contexto do Ensino de Ciências.

Por se tratar de uma pesquisa de caráter qualitativo, que busca investigar as potencialidades oriundas da História e Filosofia da Ciência ao contexto de duas disciplinas de graduação, considera-se que esse trabalho pode apresentar riscos mínimos para os seus participantes. Durante os diálogos envolvendo as aulas, pode-se gerar algum desconforto quanto às discussões envolvendo as práticas docentes. No entanto, cabe salientar que, em qualquer momento, o participante poderá retirar sua autorização de participação na pesquisa.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora Susete Francieli Ribeiro Machado através do telefone (51) 3308 5538 ou pelas entidades responsáveis Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) telefone (54) 3449-3340 e o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) telefone (51) 3308 3738.

Atenciosamente



Este termo contém os contatos necessários para maiores informações.

*Susete F. Ribeiro Machado*

*Joel Claudio Del Pico*

Pesquisadora:  
Susete Francieli Ribeiro Machado  
E-mail: susetemachado18@hotmail.com  
Endereço: Rua Ramiro Barcelos, nº 2600-  
Prédio Anexo Porto Alegre/RS  
Telefone: (51) 3308-5538

Pesquisador:  
Joel Claudio Del Pico  
E-mail: delpicoj@yaho.com.br  
Endereço: Rua Ramiro Barcelos, nº 2600-  
Prédio Anexo Porto Alegre/RS  
Telefone: (51) 3308-5538

*Michelle Camara Pizzato*

Pesquisadora:  
Michelle Camara Pizzato  
E-mail: michella.pizzato@pos.ifrs.edu.br  
Endereço: Rua Cel. Vitorino nº 281 - Centro Histórico, Porto Alegre/RS  
Telefone: (51) 39306002

<p>Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP/UFRGS) Av. Paulo Gama, 110, Sala 311 Prédio Anexo I da Reitoria - Campus Centro Porto Alegre/RS - CEP: 90040-060 Telefone: (51) 3308 3738 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br</p> <p>Comitê de Ética em Pesquisa /Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (CEP/IFRS) Reitoria: Rua General Osório, 348, Bairro Centro, CEP: 95700-086, Bento Gonçalves/RS Telefone: (54) 3449-3340 E-mail: cepesquisa@ifrs.edu.br</p>
--

Eu, \_\_\_\_\_, concordo em participar deste estudo. Foi esclarecido(a) previamente quanto aos riscos e



benefícios que envolvem a minha participação nessa pesquisa. Também fui informado(a) da possibilidade de me retirar da pesquisa no momento que me aprouver sem acarretar nenhum prejuízo na minha relação com os pesquisadores ou com a instituição de origem (UFRGS). Afirmando que entendi os objetivos e as condições da minha participação na pesquisa e estou de acordo com o seu desenvolvimento. Declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA

### Questionário de concepções sobre a Natureza da Ciência

- 1) Para você, o conhecimento científico é compreendido como saber verdadeiro e acabado ou como um conhecimento conjectural e mutável? Justifique.
- 2) Na sua compreensão, como se dá o desenvolvimento científico?
- 3) Em suas palavras, qual o papel da teoria para a ciência? Justifique.
- 4) Em suas palavras, qual o papel da experiência para a ciência? Justifique.
- 5) Como se dá a relação observação-teoria no campo científico? Justifique.
- 6) No seu entendimento, o desenvolvimento tecnológico pode influenciar o desenvolvimento científico? Justifique.
- 7) Você considera que a apresentação de um contexto plural de ideias e o diálogo de visões diferentes são relevantes ao processo construtivo do campo científico? Justifique.
- 8) Você acha que existem regras na ciência? Se sim, como elas interferem no desenvolvimento científico?

9) Na sua opinião, a História da Ciência possui potencial para esclarecer aspectos da Natureza da Ciência? Justifique.

### APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE EPISÓDIO

Análise do artigo O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade (OKI, 2002).

1) A concepção de que a mudança na proporção quantitativa dos elementos constituintes podia levar à mudança nas propriedades e aparência dos corpos foi a base teórica para a crença na transmutação de metais menos nobres naquele cuja combinação de qualidades seria a mais perfeita possível: o ouro. Essas tentativas foram empreendidas por alquimistas árabes e europeus durante o período medieval usando-se vários procedimentos e operações (OKI, 2002, p. 22).

A perspectiva mutável é explicitada no trecho do episódio.

O trecho pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa.

O texto apresenta elementos da História da Ciência que permitem refletir sobre a perspectiva conjectural do pensamento científico.

O campo empírico da ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência pelo trecho discutido.

2) O novo conceito de elemento “boyliano” influenciou a Química nos séculos seguintes, embora as concepções antigas tenham resistido até o século XVIII. Lavoisier (1743-1794) usou meios empíricos para contestar os conceitos antigos, herdados de Aristóteles e dos alquimistas. Ele adotou o conceito introduzido por Boyle, dando-lhe uma existência concreta e precisa e definindo-o claramente no trecho a seguir, [...]” (OKI, 2002, p. 23).

O trecho apresenta pontos de vista diferentes (teorias e métodos) em sua discussão do episódio.

O trecho selecionado traz critérios, normas, regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica.

Tem-se a pretensão, no trecho, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização na comunidade científica.

A perspectiva mutável é explicitada no trecho do episódio.

3) No seu trabalho “Física”, no qual examina conceitos gerais relativos ao mundo físico, Aristóteles declarou a existência de somente três elementos; na sua obra “Sobre a geração e a corrupção”, considerou a existência de quatro elementos e, em “Sobre o céu”, onde apresenta estudos sobre o mundo sideral e sublunar, acrescentou o quinto elemento: o éter, a matéria constituinte dos corpos celestes. Posteriormente, esse último elemento foi chamado de quinta essência, caracterizando-se como o princípio formador de todos os corpos existentes no mundo supralunar, ou seja, a parte do Universo que se inicia com a Lua (Chassot, 1995) (OKI, 2002, p. 22).

O trecho selecionado traz critérios, normas, regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica.

Observa-se o tratamento de anomalias/ obstáculos no desenvolvimento do episódio.

O trecho explicita uma perspectiva processual da construção e desenvolvimento do conhecimento científico.

O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico é explicitado pelo trecho discutido.

- 4) Boyle criticou o raciocínio usado pelos alquimistas e propôs que todos os corpos químicos fossem produzidos por diferentes texturas, resultantes da combinação de diferentes partículas; as propriedades dos “corpos mistos” ou substâncias compostas deveria resultar também de sua estrutura e não somente de sua composição. Tal concepção revela a influência das idéias pertencentes ao atomismo mecanicista, muito influente na Química no século XVII (OKI, 2002, p. 23).

A perspectiva mutável é explicitada no trecho do episódio.

Tem-se a pretensão, no trecho, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização na comunidade científica.

Observa-se neste trecho, a ênfase no diálogo e no contraste de ideias entre os cientistas.

O trecho pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa.

- 5) O conceito de elemento passou a ser definido com base na estrutura atômica e molecular, acessível por métodos físicos baseados principalmente em interações radiação-matéria. A significação dos fenômenos elétricos dos átomos é dada pelo aparelho; cabe ao espectrômetro de massa essa função quando separa, seleciona e registra a massa dos diferentes isótopos. A estreita relação entre a teoria e o instrumento é uma das características da Química moderna; o processo de aplicação experimental é que confere o valor de uma teoria, o instrumento científico é uma teoria materializada (Bachelard, 1977) (OKI, 2002, p. 25).

Tem-se a pretensão, no trecho, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização na comunidade científica.

O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico é explicitado pelo trecho discutido.

O campo empírico da ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência pelo trecho discutido.

O texto apresenta e/ou discute o esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias no campo científico, bem como em relação ao processo de resolução de problemas científicos.

- 6) O elemento químico deixou de ser o fim último da análise química, posição que passou a ser ocupada pelas partículas subatômicas. Novas propriedades, hoje consideradas como “elementares”, foram propostas visando sistematizar o grande número de partículas subatômicas descobertas. A identificação dessas partículas em número crescente tem sido possível graças aos avanços tecnológicos, a exemplo do desenvolvimento de potentes aceleradores de partículas. No mundo subnuclear, isto é, nesse campo da Física Atômica, considera-se como elementar “qualquer coisa da qual não se veja a estrutura” (Caruso e Oguri, 1997) (OKI, 2002, p. 25).

Observa-se o tratamento de anomalias/ obstáculos no desenvolvimento do episódio.

O campo empírico da ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência pelo trecho discutido.

Tem-se a pretensão, no trecho, de discutir a circulação das ideias e a sua socialização na comunidade científica.

O trecho pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa.

- 7) Tal como Laurent e Gerhardt empregaram as palavras molécula, átomo e equivalente indistintamente, também hoje em dia se confundem frequentemente as expressões corpos simples e elemento. Contudo, cada uma delas tem um significado bem distinto, que importa precisar para evitar confusões nos termos da filosofia química. Um corpo simples é qualquer coisa de material, metal ou metalóide, dotada de propriedades físicas e químicas. A expressão corpo simples corresponde à idéia de molécula[...]. Pelo contrário, deve-se reservar o nome de elemento para caracterizar as partículas materiais que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico. A palavra elemento corresponde à idéia de átomo (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992) (OKI, 2002, p. 24). Citação de Mendeleiev.

O trecho apresenta pontos de vista diferentes (teorias e métodos) em sua discussão do episódio.

A perspectiva mutável é explicitada no trecho do episódio.

O diálogo entre o campo teórico e o campo empírico é explicitado pelo trecho discutido.

O texto apresenta e/ou discute o esforço dos cientistas em fomentar a clareza das ideias no campo científico, bem como em relação ao processo de resolução de problemas científicos.

- 8) Nesse período, os valores determinados para os pesos atômicos nem sempre eram concordantes, o que se atribuía à imprecisão dos métodos experimentais e aos diferentes referenciais que eram usados como base para os cálculos. A variação nos valores determinados foi durante um certo período um problema inexplicável e não podia ser resolvido apenas com um maior rigor nas medições efetuadas. Foi necessária uma nova maneira de interpretação dos dados experimentais pautada numa mudança conceitual, que colocava em cheque o segundo postulado de Dalton e passava a admitir a idéia de que átomos de um mesmo elemento pudessem ter pesos diferentes. Essa idéia passou a orientar pesquisas que pudessem fornecer evidências da existência dos isótopos (OKI, 2002, p. 24-25).

O trecho pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa.

O campo empírico da ciência é debatido por uma perspectiva de racionalização da experiência pelo trecho discutido.

Observa-se o tratamento de anomalias/ obstáculos no trecho do episódio.

O trecho selecionado traz critérios, normas, regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica.

- 9) Os avanços na Química Teórica do século XIX e a sua aproximação da Física permitiram que outros critérios passassem a ser utilizados para se distinguir um elemento químico, tais como a valência e o peso atômico (atualmente massa atômica relativa). Tais critérios foram fundamentais para a identificação de grande número de elementos químicos e possibilitaram a organização dos mesmos em diversos sistemas de classificação e o relacionamento das propriedades dos elementos com os seus pesos atômicos” (OKI, 2002, p. 24).

O trecho selecionado traz critérios, normas, regras adotadas ou propostas pela comunidade científica ou pelo cientista para o desenvolvimento de uma dada teoria ou ideia científica.

Observa-se neste trecho, a ênfase no diálogo e no contraste de ideias entre os cientistas.

Observa-se o tratamento de anomalias/ obstáculos no desenvolvimento do episódio.

( ) O trecho pontua a relevância existente entre a relação do desenvolvimento tecnológico propiciar novos olhares ao desenvolvimento dos conceitos científicos, ou vice-versa.

**APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO AUTOAVALIATIVO COMPLETO DAS REDES DE CONHECIMENTO CONSTRUÍDAS (APLICADO NA INSTITUIÇÃO A)**

Questões norteadoras para a autoavaliação das redes construídas pelos alunos

I) Quanto à estrutura teórica das *Redes de Conhecimento*:

- Observam-se relações entre conceitos e experimentos (ou aspectos empíricos) na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- Observam-se relações entre as redes sociais (cientistas) e as redes teórico-empíricas na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- As demarcações cronológicas do episódio analisado encontram-se associadas aos cientistas (redes sociais) na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.

II) Quanto às naturezas da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos:

- A natureza dinâmica e evolutiva evidencia-se em associações que explicitam a utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em épocas distintas, de modo a se visualizar na rede de conhecimento uma perspectiva mutável do pensamento científico. Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- A natureza dialética associa-se à utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em uma mesma época, de modo a se enxergar na rede de conhecimento relações que evidenciem diálogos e momentos de contraste de ideias entre os cientistas de um mesmo período histórico. Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- A natureza normativa se explicita, nas redes de conhecimento, através de critérios e regras colocadas pelos cientistas em relação às redes teórico-empíricas no episódio. Tal entendimento

é visualizado em sua rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.

- A natureza razão objetiva se apresenta em relações que demonstrem conceitos científicos associados à base empírica, de modo a se enfatizar o desenvolvimento do campo empírico da ciência norteado pelas lentes teóricas de tais relações conceituais (racionalização da experiência). Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.

#### **APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO AUTOAVALIATIVO (PRIMEIRA PARTE) DAS REDES DE CONHECIMENTO CONSTRUÍDAS (APLICADO NA INSTITUIÇÃO B)**

Questões norteadoras para a autoavaliação das redes construídas pelos alunos

D) Quanto à estrutura teórica das redes de conhecimento:

- Observam-se relações entre conceitos e/ou experimentos (aspectos empíricos) na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- Observam-se relações entre as redes sociais (cientistas) e as redes teórico-empíricas na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.
- As demarcações cronológicas do episódio analisado encontram-se associadas aos cientistas (redes sociais) na rede construída? Se sim, justifique a sua resposta com exemplos da sua rede.

#### **APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO AUTOAVALIATIVO (SEGUNDA PARTE) DAS REDES DE CONHECIMENTO CONSTRUÍDAS (APLICADO NA INSTITUIÇÃO B)**

Associando a rede de conhecimento do episódio à convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos

D) Quanto às naturezas da convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos:

- A natureza dinâmica e evolutiva evidencia-se em associações que explicitam a utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em épocas distintas, de modo a

se visualizar na rede de conhecimento uma perspectiva mutável do pensamento científico. Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Justifique.

- A natureza dialética associa-se à utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em uma mesma época, de modo a se enxergar na rede de conhecimento relações que evidenciem diálogos e momentos de contraste de ideias entre os cientistas de um mesmo período histórico. Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Justifique.
- A natureza normativa se explicita, nas redes de conhecimento, através de critérios e regras colocadas pelos cientistas em relação às redes teórico-empíricas no episódio. Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Justifique.
- A natureza razão objetiva se apresenta em relações que demonstrem conceitos científicos associados à base empírica, de modo a se enfatizar o desenvolvimento do campo empírico da ciência norteado pelas lentes teóricas de tais relações conceituais (racionalização da experiência). Tal entendimento é visualizado em sua rede construída? Justifique.

## APÊNDICE G – GABARITO DA ATIVIDADE DE ANÁLISE DE PROPOSTA DIDÁTICA

Atividade	Código(s)	Natureza(s) da convergência relacionada(s) pelo aluno
1	R5, D3	
2	R4, D3	
3	D3	
4	D1, E1	
5	D1	
6	R4, R2	
7	R4, E3	
8	D1, R4, R2	
9	R4	
10	D1, D3, R2, E1	
11	E4, R1, R3, D2, E1	
12	R4, R5, E4	
13	E4, D1	
14	E4, D1, D3	
15	R4, R2	
16	D3, N1, R4, E4, E1	
17	E4, E2, D3	
18	D2, R3, E4, E3, R4, D3	
19	E1, E4, E3	
20	R2, E1	
21	D3, E1	

22		
----	--	--

**APÊNDICE H – RELAÇÃO QUANTIDADE DE ASSOCIAÇÕES DO CRITÉRIO DE ANÁLISE NO GABARITO DE ACORDO COM O ENFOQUE ABORDADO**

Critério de análise relacionado à natureza da convergência no gabarito	Quantidade de vezes associada no gabarito	Enfoque abordado
R1	1	Abordagem do conteúdo
R2	5	Abordagem do conteúdo/formato da atividade
R3	2	Abordagem do conteúdo
R4	9	Formato da atividade
R5	2	Formato da atividade
E1	7	Abordagem do conteúdo
E2	1	Abordagem do conteúdo
E3	3	Perspectiva de aprendizagem
E4	8	Formato da atividade/proposta
D1	6	Abordagem do conteúdo
D2	2	Abordagem do conteúdo
D3	9	Formato da atividade
N1	1	Abordagem do conteúdo

**APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO REFLEXIVO A (APLICADO NA INSTITUIÇÃO A)**

Questionário Reflexivo

Este questionário tem como intuito buscar coletar informações a respeito das três atividades realizadas nesta disciplina, principalmente em relação às suas potencialidades e limitações como estratégias didáticas no Ensino de Ciências.

- 1) Você considera que a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos apresentada e discutida nestas aulas pode ser relevante para sua formação docente? Justifique a resposta.
- 2) Quanto à primeira atividade de análise de episódio, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 3) Quanto à atividade das Redes de conhecimento, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 4) Quanto à atividade de análise de proposta didática, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 5) Você considera que as estruturas de análise abordadas foram úteis para a compreensão da Natureza da Ciência em seu processo formativo docente? Justifique sua resposta.

## APÊNDICE J - QUESTIONÁRIO REFLEXIVO B (APLICADO NA INSTITUIÇÃO B)

### Questionário Reflexivo

Este questionário tem como intuito buscar coletar informações a respeito das três atividades realizadas nesta disciplina, principalmente em relação às suas potencialidades e limitações como estratégias didáticas no Ensino de Ciências.

- 1) Quanto à atividade das Redes de conhecimento, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 2) Você considera que a convergência epistemológica entre Bachelard e Lakatos apresentada e discutida nestas aulas pode ser relevante para sua formação docente? Justifique a resposta.
- 3) Quanto à atividade de análise de episódio envolvendo a estrutura metaconceitual fundamentada na referida convergência epistemológica, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 4) Quanto à atividade de análise de proposta didática, pontue a sua opinião e indique pontos positivos e negativos da atividade.
- 5) Você considera que as estruturas de análise abordadas foram úteis para a compreensão da Natureza da Ciência em seu processo formativo docente? Justifique sua resposta.

## APÊNDICE K – Material de apoio referente à *Estratégia Discursiva de Episódios*.

### ANÁLISE DE EPISÓDIOS CIENTÍFICOS

#### *Uma estrutura fundamentada nas convergências entre argumentos de Bachelard e Lakatos*

#### **Introdução**

Um importante instrumento didático para o ensino de ciências vem a ser os episódios científicos, os quais têm se mostrado, nas últimas décadas, como um valioso recurso para se abordar as discussões envolvendo conteúdos científicos, como também aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) no contexto do ensino de ciências (CHACÓN; MOSQUERA; MEJÍA, 2016; FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017; SILVA; MOURA, 2008). Os episódios científicos, por abordarem muitas vezes a discussão de olhares epistemológicos da ciência, explicitam reflexões quanto à natureza científica, de modo a possibilitar uma imagem mais autêntica do trabalho científico no contexto do ensino de ciências (SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Além disso, a utilização de episódios científicos possibilita a discussão de visões deturpadas

do pensamento científico e os erros conceituais influenciados por visões epistemológicas ultrapassadas (FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017). Outro ponto refere-se a como as concepções da História da Ciência em relação aos conceitos científicos denotam uma perspectiva que compreende a dinamicidade existente no campo científico, bem como a singularidade de entender o contexto histórico e filosófico que tais ideias, teorias e métodos são construídos, desenvolvidos e, muitas vezes, transformados no tempo.

Um modo de potencializar o uso didático de episódios científicos é agregar um instrumento analítico sobre a natureza da ciência. Salienta-se que um instrumento sobre a natureza da ciência para análise de episódios científicos possibilita um olhar apurado sobre as reconstruções históricas do pensamento científico quanto às suas características epistemológicas. Ademais, a análise de episódios científicos por esse viés possibilita uma valorização da perspectiva histórico-filosófica dos conceitos científicos, além de contribuir para elucidar aspectos estruturantes da natureza científica sobre a dinâmica construtiva das ideias científicas.

Desse modo, compreendendo a relevância dos episódios históricos para o contexto da aprendizagem de ciências, enfatiza-se a necessidade de se desenvolver análises fundamentadas na HFC de episódios históricos. Considerando o exposto, este texto tem como objetivo apresentar uma estrutura de análise de episódios históricos fundamentada em uma convergência epistemológica (MACHADO, 2018) envolvendo argumentações dos filósofos da ciência Gaston Bachelard e Imre Lakatos quanto à natureza epistemológica da História da Ciência. Salienta-se que a escolha desses autores se deu pela relevância dada por eles à História da Ciência como elemento estruturante de suas principais discussões epistemológicas do pensamento científico.

### **Estrutura analítica de episódios históricos fundamentada na convergência epistemológica**

A convergência epistemológica entre as ideias de Bachelard e Lakatos apresenta quatro principais constituintes que descrevem sua compreensão da História da Ciência por uma perspectiva epistemológica. Tais constituintes são denominados como *natureza dinâmica e evolutiva*, *natureza dialética*, *natureza razão objetiva* e *natureza normativa* e evidenciam algumas importantes adequações didáticas por serem oriundos de um constructo teórico fundamentado em ideias originárias da Epistemologia da Ciência contemporânea. Em linhas gerais, tais eixos teóricos emergentes desta classificação, por se fundamentarem em características da natureza do pensamento científico, pretendem elucidar, no contexto da educação científica, a funcionalidade de orientação quanto aos princípios da natureza científica aplicados à produção e análise de materiais didáticos.

De modo geral, a *natureza razão objetiva* evidencia-se através da racionalidade explicitada por estes dois filósofos – além de se diferenciar pontualmente do racionalismo clássico – e valoriza, em seu âmago, a História da Ciência para fundamentar e desenvolver suas ideias/conceitos epistemológicos. Neste sentido, ambos compreendem, como uma importante premissa desta racionalidade, a existência de uma relação dialética entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência, como também direcionam suas discussões considerando o contexto do conhecimento objetivo (LAKATOS, 1999; BACHELARD 1996b).

Quanto à *natureza dinâmica e evolutiva*, ambos compreendem que o conhecimento científico desenvolve-se por uma perspectiva mutável (dinâmica) e evolutiva no sentido de estar constantemente transformando/ressignificando suas “raízes” do conhecimento. Tais filósofos defendem tal olhar por

compreenderem que a História da Ciência denota um tecido espaço-temporal dinâmico e que se distancia de uma perspectiva imutável e absoluta das verdades científicas (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1996a).

Já em relação à *natureza dialética*, conforme já foi discutido, tal característica encontra-se enraizada nas principais ideias e discussões de tais filósofos. Para ambos, a dialética tem a função de evidenciar que o pensamento científico se desenvolve em um cenário plural de ideias e que o diálogo e o confronto de diferentes perspectivas representam a força propulsora para a evolução da ciência. Este olhar dialético explicita-se no entendimento de que a ciência se produz através da multiplicidade de ideias/conceitos/teorias e o diálogo e contraste de visões filosóficas diferentes no campo científico (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1984).

Por fim, a *natureza normativa* reflete o entendimento dos dois filósofos em entenderem a necessidade constante em se buscar avaliar tanto a ciência atual como a História da Ciência (LAKATOS, 1993; BACHELARD 1996b). Valoriza-se o entendimento de que as regras e os critérios explicitados no campo científico representam o conjunto normativo das questões teóricas e empíricas apresentadas pelos cientistas para orientar, padronizar e organizar as discussões em um determinado recorte histórico (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1996a).

A seguir, apresentam-se os principais critérios de análise (de acordo com a Figura 1) fundamentados nos respectivos elementos da convergência epistemológica.

#### A) **Natureza dinâmica e evolutiva**

**Perspectiva conjectural:** associa-se à visão dinâmica e evolutiva no sentido de não se legitimar a compreensão das teorias científicas como verdades absolutas e imutáveis. Defender esse olhar conjectural também enfatiza a relevância das incertezas no processo de construção das ideias, teorias e experiências científicas.

**Perspectiva mutável:** reflete o entendimento de que o conhecimento científico encontra-se em constante transformação e sempre passível de receber críticas, visto que se compreende a existência da limitação do conhecimento produzido pelas “lentes cognitivas humanas” e a constante necessidade de se retificar o conhecimento socialmente/culturalmente construído. Esta perspectiva mutável evidencia-se também no processo de ressignificação de ideias, conceitos e teorias realizada pelos cientistas em diferentes períodos históricos.

**Tratamento de anomalias/obstáculos:** é relevante por ser considerado necessário ao processo de desenvolvimento do pensamento científico. Na forma de explicação de anomalias, proporciona o surgimento de teorias que busquem explicar pontos que outras teorias científicas são incapazes em determinada época, potencializando, dessa forma, o desenvolvimento do pensamento científico. Como elemento argumentativo de superação de obstáculos epistemológicos, propicia condições para a transformação e o desenvolvimento da ciência.

**Perspectiva processual:** relaciona-se intrinsecamente à defesa de que o conhecimento científico dinamicamente se modifica e que seu desenvolvimento necessita ocorrer em uma perspectiva de longo prazo. Além do mais, compreende-se que a dinâmica construtiva do pensamento científico não ocorre de forma

unicamente linear e cumulativa, mas desenvolve-se por momentos de rupturas e descontinuidades, assim como entende-se a relevância de períodos de amadurecimento teórico-metodológico no campo científico.

**Circulação de ideias científicas e socialização na comunidade científica:** se relacionam à visão dinâmica e evolutiva como necessidades para que o conhecimento científico seja expandido (submetendo-se a novos olhares), bem como publicizado à comunidade científica. Em outras palavras, se as ideias e trabalhos dos cientistas circularam (foram publicadas e discutidas) e se houve momentos de socialização entre tais trabalhos/ideias científicas na comunidade científica.

### B) Natureza dialética

**Apresentação de ideias:** compreende-se como característica essencial do olhar dialético, visto que, para ocorrer um processo dialético, faz-se necessária a apresentação de um contexto plural de teorias e métodos.

**Diálogo e contraste de ideias:** firma-se no entendimento dialético de que o pensamento científico se desenvolve em uma constante confrontação e debate de ideias. Desse modo, evidencia-se a necessidade de dialogar pontos de vista distintos, compará-los e contrastá-los com o intuito de desenvolver e qualificar o pensamento científico. Tal perspectiva dialética envolve tanto o diálogo e/ou contraste interno (cognitivo) do cientista em relação ao questionamento de suas ideias e teorias, como também pode direcionar-se a um processo de diálogo e/ou contraste por uma perspectiva coletiva entre os cientistas na comunidade científica em um mesmo período histórico.

**Diálogo entre o campo teórico e o campo empírico:** relaciona-se à visão dialética, pois tem-se a compreensão que tanto o campo teórico (hipóteses, teorias, ideias, ...) como o campo empírico (experimentos, uso de instrumentos, criação, produção e aplicação de equipamentos, ...) necessitam dialogar entre si para que emane o desenvolvimento científico com integralidade.

**Visão interdependente entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento científico:** reflete o entendimento dialético do pensamento científico, no sentido de que, no momento em que ocorre um desenvolvimento tecnológico (exemplo, o uso de balança comum para uma balança analítica) propiciam-se novos olhares para se aprofundar e investigar no campo científico, e vice-versa.

### C) Natureza razão objetiva

**Esforço dos cientistas em buscar a clareza das ideias e dos problemas no campo científico:** tais empreendimentos relacionam-se à razão objetiva, visto a compreensão de que é necessário para a dinâmica construtiva do pensamento científico delinear os critérios de demarcação das ideias para se conseguir elencar os problemas científicos, no sentido de explicitar o esforço dos cientistas para se clarear as ideias e problemas trabalhados em tal recorte histórico.

**Perspectiva da racionalização da experiência:** a racionalização da experiência se dá pelo entendimento de que o campo empírico norteia-se pelo eixo da razão evidenciado pelo contexto teórico no qual se discute tal

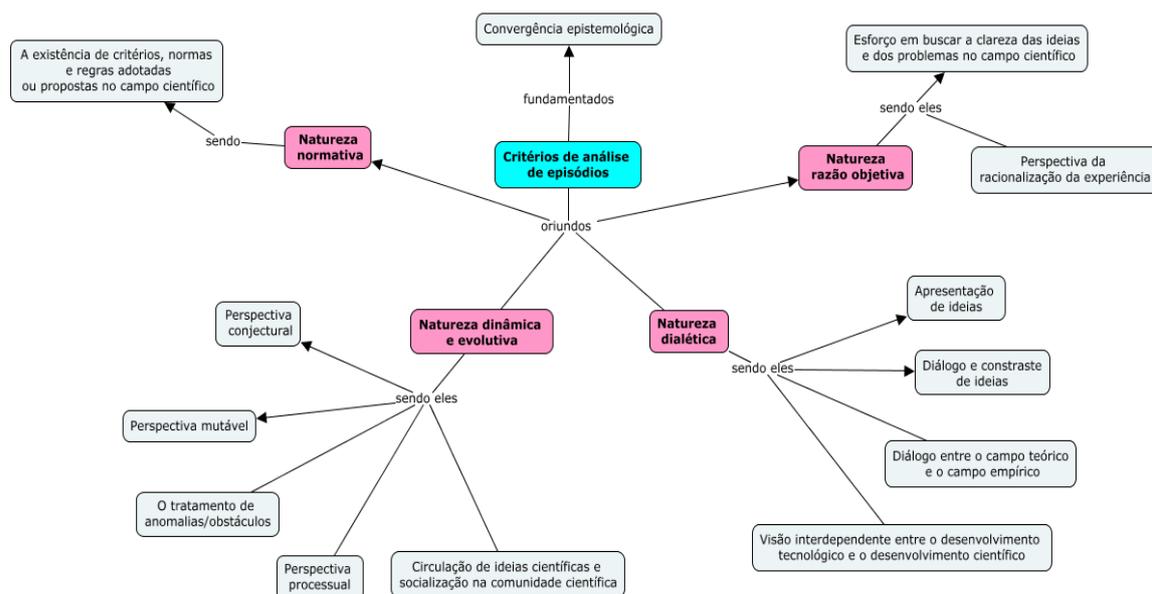
experiência. Tem-se também que sobre a experiência, racionalizam-se discussões de modo a ampliar a visão de mundo dos cientistas. Ou seja, a lente teórica que se utiliza para discutir uma experiência científica guia o olhar do pesquisador no desenvolvimento das discussões empíricas. Assim como, as próprias discussões empíricas podem gerar novas racionalizações (discussões teóricas) no campo científico.

#### D) Natureza normatividade

**Critérios, normas e regras adotadas, ou propostas no campo científico** referem-se à visão normativa no sentido de representarem ferramentas de avaliação, padronização e orientação do conhecimento científico, produzido em dada época. Nesse sentido, valoriza-se o entendimento de que as regras e os critérios explicitados no campo científico representam o conjunto normativo das questões teóricas e empíricas apresentadas pelos cientistas para orientar, padronizar e organizar as discussões em um determinado recorte histórico.

Figura 1 almeja apresentar uma síntese envolvendo os referidos critérios de análise.

Figura 1 - Esquema-síntese dos critérios de análise.



Fonte: elaborada pelos autores.

#### Referências bibliográficas

BACHELARD, G. (1996a). **O Novo Espírito Científico**. Lisboa, Portugal: Edições 70.

BACHELARD, G. (1996b). **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Contraponto.

BACHELARD, G. (1984). **A filosofia do não – filosofia do novo espírito científico** (3a ed.). Lisboa, Portugal: Editora Presença.

CHACÓN, Á. R.; MOSQUERA, Y. A.; MEJÍA, L. S. Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. **CPU-e. e Revista de Investigación Educativa**, n. 23, p. 75-98, 2016.

FORATO, T. C. DE MELLO; BAGDONAS, A; TESTONI, L. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**, 2017.

FORATO, T. C. DE MELLO; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. DE ANDRADE. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 28, n. 1: p. 27-59, abr. 2011.

LAKATOS, I. (1993). **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid, Espanha: Alianza Editorial.

LAKATOS, I. (1999). **Falsificação e Metodologia dos programas de investigação científica**. Lisboa, Portugal: Edições 70.

MACHADO, S. F. R. **Uma proposta de articulação entre epistemologia e história da ciência como fundamentação teórica à construção de episódio em ciências**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 115p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, 2018.

SILVA, C. C; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 1602 (2008).

APÊNDICE L – Material de apoio referente à *Estratégia Redes de Conhecimento*.

## **REDES DE CONHECIMENTO COMO LENTES COGNITIVAS PARA ANÁLISE DE EPISÓDIOS CIENTÍFICOS**

### **Introdução**

Episódios científicos têm se evidenciados importantes instrumentos didáticos para se refletir e discutir a História e Filosofia da Ciência (HFC) no contexto do ensino de ciências nas últimas décadas (ALLCHIN, 2010; FORATO, 2009; MARTINS, 2006; HYGINO; SOUZA; LINHARES, 2013). Seguindo essa linha de discussão, tem-se valorizado, na literatura, discussões que posicionam debates da HFC no ensino com pertinência didática para o contexto de sala de aula (MATTHEWS, 2014; GALILI, 2016; ARCHILA, 2015). Além do mais, o fomento de instrumentos didáticos que possibilitem a organização e a compreensão da História da Ciência no ensino, colaboram para uma utilização didática e abrangente dos conteúdos científicos por uma perspectiva metaconceitual.

Desse modo, o objetivo deste texto vem a ser apresentar uma estratégia didática denominada redes de conhecimento, que tem como intuito servir como uma estrutura analítica de episódios científicos, bem como contribuir para discussões que integrem a HFC no contexto da didática científica.

### **Estrutura teórica das redes de conhecimento**

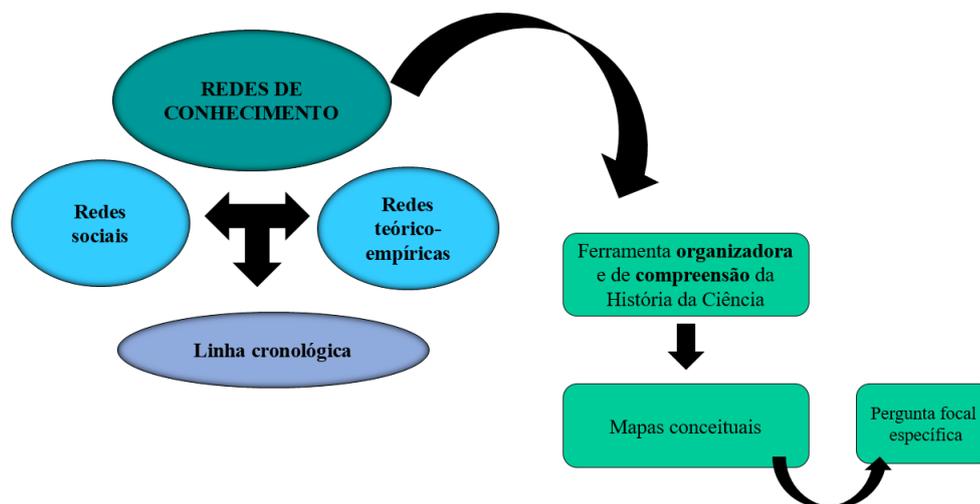
O conceito de redes de conhecimento refere-se a uma estrutura que organiza e explicita tanto as redes sociais entre os cientistas na História da Ciência, como também as suas respectivas redes teórico-empíricas, de modo a explicitar as principais ideias científicas, desenvolvimentos teórico-empíricos, relações entre os cientistas, embates e contrastes de ideias, entre outros em um determinado episódio científico.

Apresentam-se, a seguir, os quatro pilares concernentes à estrutura das redes de conhecimento:

- ❖ Os cientistas explicitados em tal recorte histórico;
- ❖ As ideias científicas e aspectos experimentais (teorias científicas, conceitos gerais e específicos/problemas, hipóteses e práticas) que se explicitam em tal recorte histórico;
- ❖ As aproximações, relações, distanciamentos, discussões e embates do campo científico;
- ❖ A cronologia que demarca o episódio científico;

Salienta-se que a estrutura envolvendo as redes de conhecimento será associada à ferramenta didática denominada mapas conceituais (como apresenta a figura 1). Pontua-se que há estudos na literatura que enfatizam e discutem o uso de mapas conceituais como uma importante ferramenta organizadora do conhecimento para o aluno em relação ao processo de aprendizagem (REIS; SILVA, 2015; ALVES et al., 2013; BATISTA; ARAMAN, 2009). Os mapas conceituais são compreendidos, na literatura, como um potencial recurso didático metacognitivo que possibilita a visualização de redes de conceitos, além de serem bons captadores de ideias fundamentais e suas relações em uma perspectiva hierárquica de direcionamento de discussões (MOREIRA; ROSA, 1986; NOVAK; CAÑAS, 2010). Desse modo, será valorizado, neste texto, o uso dos mapas conceituais como um recurso metacognitivo no que tange à possibilidade de explicitar as redes de conhecimento.

Figura 1 - Síntese da estrutura de redes de conhecimento.



Fonte: elaborada pelos autores.

**Etapas metodológicas para a construção da rede de conhecimento**

A seguir apresentam-se as quatro etapas metodológicas norteadoras para a construção da rede de conhecimento, as quais se referenciam nos componentes teóricos da estrutura analítica (redes sociais, redes teórico-empíricas e linha cronológica).

A primeira etapa metodológica deve servir para o aluno organizar as informações, de modo a conseguir identificar e explicitar os cientistas, os conceitos gerais e os conceitos específicos, hipóteses, problemas, aspectos empíricos, no sentido de clarear as ideias para o aluno. Após este primeiro momento de identificação, tem-se uma etapa de distinção de ideias centrais. Tal processo de diferenciação será necessário para que o aluno possa buscar uma maior clareza conceitual em relação à estrutura da rede de conhecimento, de modo a distinguir e reorganizar cognitivamente tais conceitos, além de possibilitar, preliminarmente, a visualização das relações e aproximações entre tais eixos de discussão.

A segunda etapa metodológica tem como pretensão captar, no processo de análise do episódio, as principais relações sociais e teórico-empíricas (ou somente conceituais) explicitadas no recorte histórico.

A terceira etapa metodológica objetiva a delimitação cronológica do episódio, buscando demarcar, temporalmente, as relações explicitadas pela referida rede de conhecimento tendo como referência as redes de cientistas<sup>21</sup> (sociais) explicitadas no episódio.

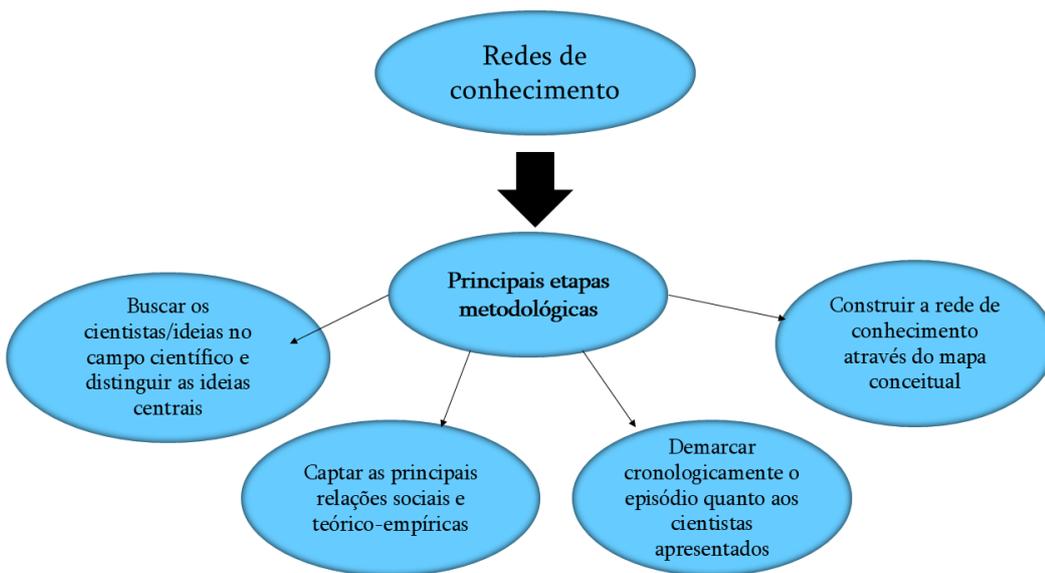
Como última etapa metodológica, tem-se o momento de construção do mapa conceitual (explicitação da rede de conhecimento) que contempla como pergunta focal a seguinte questão: *Quais as principais relações sociais e teórico-empíricas explicitadas neste episódio científico?*

Será utilizado o programa CmapTools do *Institute for Human & Machine Cognition (IHMC)* como ferramenta (opcional) para a construção e desenvolvimento das redes de conhecimento. A estrutura da rede de conhecimento deve envolver uma diferenciação de cores (com legenda descritiva) quanto às distinções entre as perspectivas cronológicas associadas às redes sociais no mapa conceitual. A figura 2, a seguir, apresentará uma síntese envolvendo as quatro etapas metodológicas apresentadas.

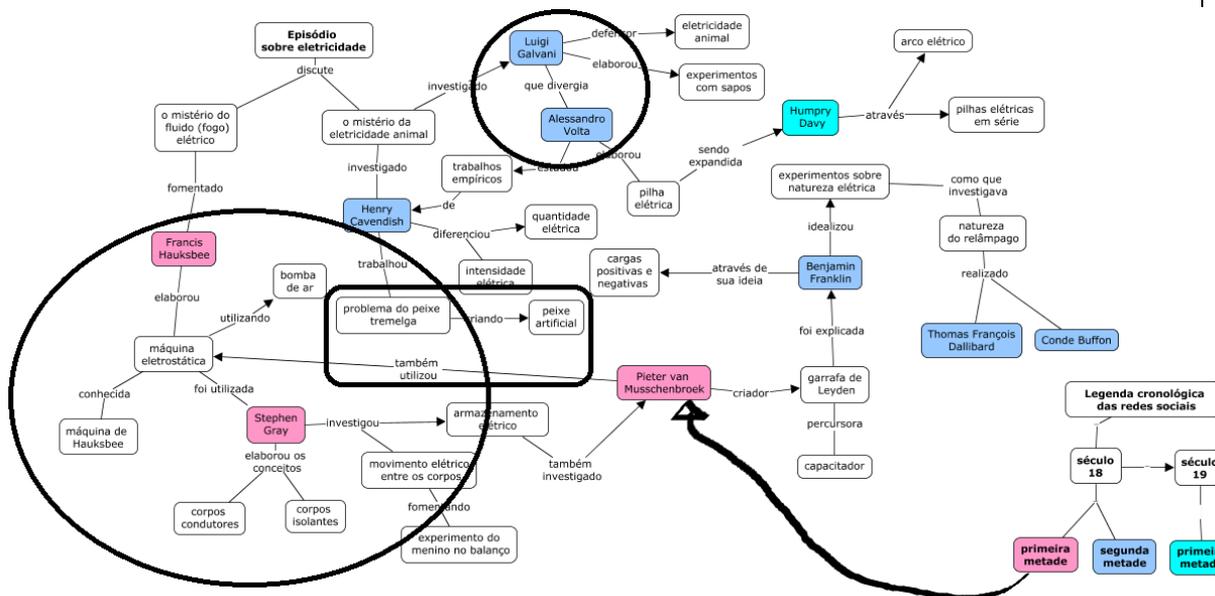
Figura 2 - Síntese das etapas construtivas da rede de conhecimento

---

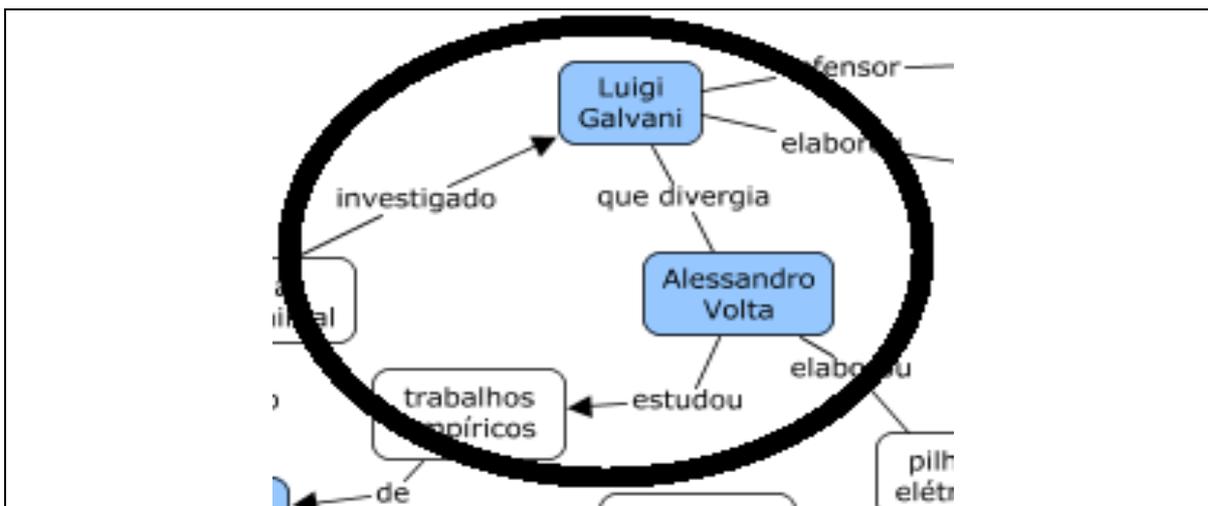
<sup>21</sup> Sendo que a demarcação cronológica do cientista na rede de conhecimento deve ter como base o período temporal (ano, década, século) que foram produzidas/desenvolvidas tais discussões no campo científico.



Alguns exemplos de análise envolvendo o episódio - *A história da eletricidade – a faísca.* (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=369s>)

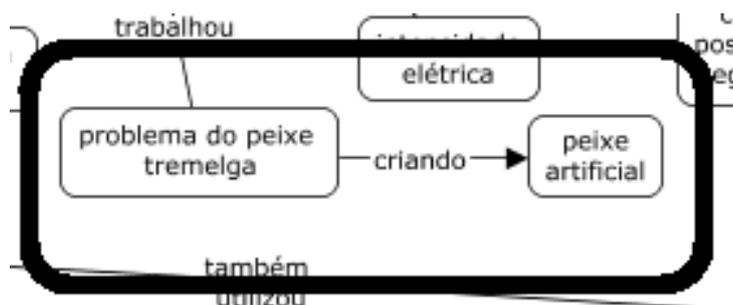


Quanto à identificação de uma rede social



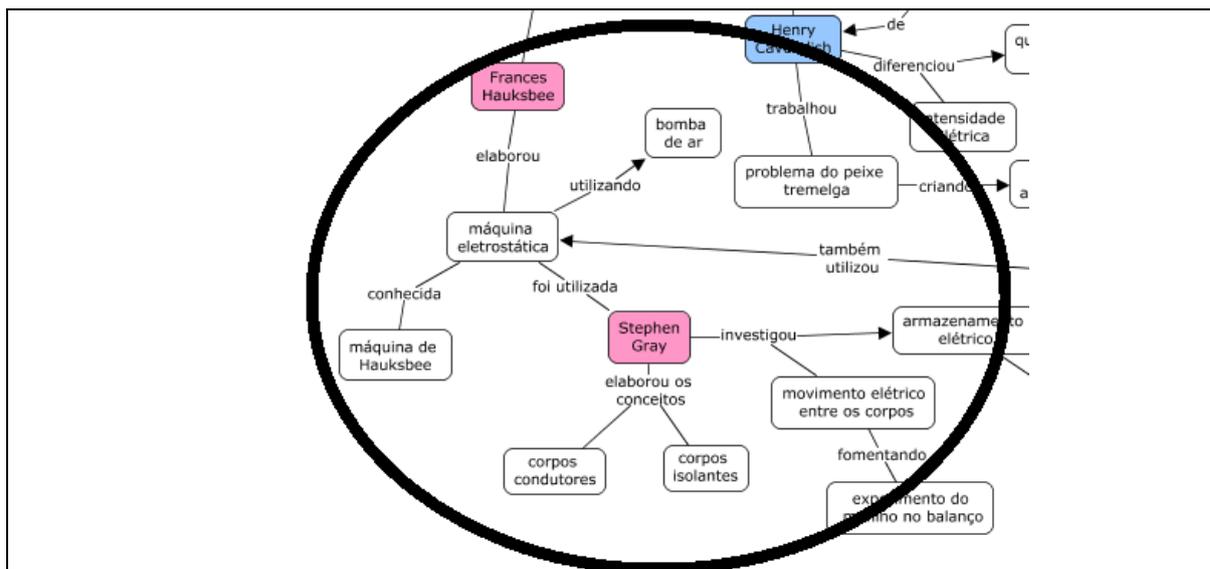
Em poucas palavras, uma rede social refere-se aos cientistas apresentados no episódio científico analisado. Conforme o recorte apresentado acima, a rede social explicita-se através dos cientistas (filósofos naturais) Luigi Galvani e Alessandro Volta.

#### Quanto à identificação de uma rede teórico-empírica



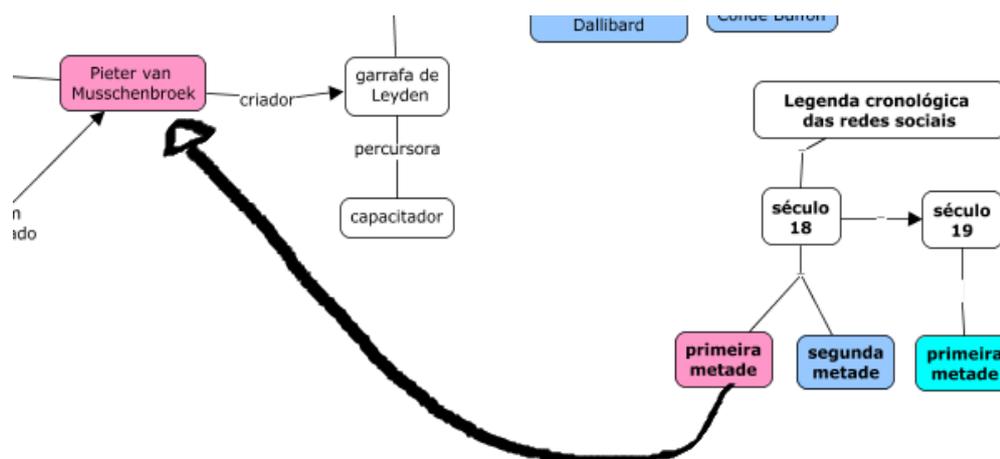
De modo geral, uma rede teórico-empírica baseia-se nas relações entre conceitos (ideias, problemas, hipóteses e etc) e aspectos empíricos abordados no episódio. Como exemplifica o recorte acima, tem-se que o problema do peixe tremelga (aspecto teórico da rede teórico-empírica) se associa ao experimento envolvendo o peixe artificial (aspecto empírico da rede teórico-empírica).

#### Quanto às relações sociais e teórico-empíricas (ou somente conceituais)



Tais relações constituem-se em interações entre os cientistas (representantes das redes sociais) e as redes formadas pelos conceitos e aspectos empíricos (entendidas como redes teórico-empíricas) apresentados no episódio analisado. O recorte ilustrado acima evidencia as relações sociais entre os cientistas (filósofos naturais) Frances Hauksbee e Stephen Gray em relação à utilização da máquina eletrostática, criada por Hauksbee, e utilizada por Stephen Gray na sua investigação envolvendo o problema do movimento da eletricidade entre os corpos.

#### Quanto à demarcação cronológica do episódio analisado



A demarcação cronológica está, intrinsecamente, associada às demarcações temporais evidenciadas pelas redes sociais (cientistas). O exemplo apresentado acima retrata o cientista (filósofo natural) Pieter van Musschenbroek pela cor rosa, a qual se relaciona a primeira metade do século 18 (de acordo com a legenda de cores apresentada).



FORATO, T.C.M. (2009). **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz.** [Doutorado em Educação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

GALILI, Igal. From Comparison Between Scientists to Gaining Cultural Scientific Knowledge. **Science & Education**, v. 25, n. 1-2, p. 115-145, 2016.

HYGINO, C. B, SOUZA, N. DOS SANTOS; LINHARES, M. P. Episódios da história da ciência em aulas de física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao método de estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 12, n. 1, 1-23, 2013.

MARTINS, R. Introdução: A história e seus usos na educação. Em C.C. Silva (Ed.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino** (pp. vii-xxx). São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Hand book of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. 1ª ed. New York: Springer Science+business Media Dordrecht, 2014. 2532 p.

MOREIRA, M. A; ROSA, P. Mapas conceituais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 3(1): 17-25, abr. 1986.

NOVAK, J. D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010.

REIS, N. A; SILVA, E. L. Estrutura da Matéria: buscando discutir História da Ciência e Mapas Conceituais no Ensino Superior. **Scientia plena**. vol. 11, n. 6, 2015.

APÊNDICE M – Material de apoio referente à Estratégia Discursiva de Proposta Didática.

### ANÁLISE DE PROPOSTA DIDÁTICA

#### *Uma estrutura fundamentada nas convergências entre argumentos de Bachelard e Lakatos*

#### **Introdução**

Muitos trabalhos na literatura vêm defendendo a inserção e o desenvolvimento de conteúdos *metacientíficos* no contexto da Educação Científica (ADÚRIZ-BRAVO, 2001; CHAMIZO, 2009; MATTHEWS, 2014; PIZZATO, 2010; LOGUERCIO; DEL PINO, 2007; GARIK et al., 2015; SANTOS et al., 2014; TSYBULSKY; DODICK; CAMHI, 2018), de modo a valorizar uma perspectiva processual e dinâmica do pensamento científico no contexto dos debates concernentes aos aspectos de ensino e aprendizagem a ele circunscrito. Observa-se que há uma crescente defesa na literatura na premência de desenvolvimento de propostas didáticas fundamentadas na História e Filosofia da Ciência (HFC), como também em expandir discussões que refletem a HFC em relação aos critérios avaliativos envolvendo tais propostas (TEIXEIRA; FREIRE; GRECA, 2015; HENKE; HÖTTECKE, 2015; KALMAN; LATTERY, 2018).

Nesse sentido, valoriza-se neste texto, a relevância de análises de propostas didáticas que se utilizam de uma base referencial da HFC. Pretende-se apresentar uma estrutura de análise de proposta didática, qual fundamenta-se nas quatro naturezas (*dinâmica e evolutiva, dialética, razão objetiva e normatividade*) da convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos (MACHADO, 2018). A seguir será apresentada a referida estrutura de análise .

### **Estrutura analítica de proposta didática fundamentada na convergência epistemológica**

A convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos apresenta como ponto central a natureza epistemológica da História da Ciência definida e defendida por tais filósofos. Estas naturezas refletem não só o olhar historiográfico de tais autores, mas se relacionam à compreensão da dinâmica construtiva do próprio pensamento científico. Nesse sentido, verificam-se elementos teóricos-argumentativos, *tecituradas de ideias*, aderentes não apenas à própria Natureza da Ciência (NdC), como também ao contexto da Educação Científica.

Observa-se que os critérios de análise desta estrutura se direcionam a olhar epistemologicamente a apresentação/discussão da proposta didática em relação aos conteúdos científicos, ao formato da atividade delineada na sequência didática e ao processo de aprendizagem envolvido na proposta.

A seguir, apresentam-se os principais critérios de análise referenciados nos respectivos elementos da convergência epistemológica.

#### **Natureza dinâmica e evolutiva**

##### **Perspectiva processual, mutável e/ou conjectural do conhecimento científico**

O conteúdo é abordado explicitando um entendimento do conhecimento científico por um desenvolvimento processual, ou seja, considerando uma perspectiva de longo prazo, necessária para a dinâmica construtiva da ciência, que explicita-se tanto por momentos de rupturas e discontinuidades, como de períodos de amadurecimento teórico-metodológicos. Valoriza-se também a abordagem do conteúdo por um entendimento mutável em relação à dinamicidade de seu processo construtivo, além de valorizar uma concepção do conhecimento por um viés conjectural, compreendendo a relevância das incertezas no processo de construção das ideias, teorias e experiências científicas.

##### **Diálogo e contraste de ideias em períodos históricos distintos**

O conteúdo é explicitado apresentando o contexto de diálogo e contraste de ideias entre os cientistas, no sentido de se gerar a ressignificação e o aprofundamento de ideias, teorias e métodos em períodos históricos diferentes, de modo a evidenciar, no desenvolvimento da ciência, associações envolvendo a utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas em épocas distintas.

##### **Desenvolvimento processual e dinâmico da aprendizagem**

Esta perspectiva processual e dinâmica se refere à importância de se abordar de forma estratégica as ideias dos alunos para se debater de modo significativo o contexto de aprendizagem, buscando utilizar tais ideias nos variados formatos de atividades da proposta e as compreendendo como elemento principal de interconexão dos conteúdos a serem trabalhados pelo professor. Sendo assim, a proposta didática explicita um desenvolvimento processual e dinâmico de aprendizagem, ou seja, faz uso das ideias dos alunos através de atividades que ocorrem a longo prazo e busca transformar tais ideias quanto aos debates propostos.

### **Utilização da História da Ciência**

O processo de elaboração da atividade/proposta didática compreende a necessidade de abordar os conteúdos considerando a utilização da História da Ciência em sua estrutura, como também fomentar atividades para o aluno refletir e/ou debater aspectos envolvendo os conteúdos científicos por uma perspectiva histórico-filosófica da ciência.

### **Natureza dialética**

#### **Pluralidade, diálogo e contraste de ideias em determinado período histórico**

O conteúdo é abordado contemplando uma perspectiva plural em que envolve o diálogo e contraste de ideias entre os cientistas em um mesmo período histórico, valorizando um cenário de utilização de ideias, trabalhos empíricos e conceitos científicos de cientistas debatidos em uma mesma época.

#### **Diálogo entre o campo teórico e o campo empírico**

O conteúdo é abordado considerando uma perspectiva de diálogo entre o campo teórico e o campo empírico, envolvendo o desenvolvimento científico. Tal compreensão relaciona-se ao entendimento de que tanto o campo teórico (hipóteses, teorias, ideias, ...) como o campo empírico (experimentos, uso de instrumentos, criação, produção e aplicação de equipamentos, ...) necessitam dialogar entre si para que emane o desenvolvimento científico com integralidade.

#### **Posicionamento e discussão sobre as ideias trabalhadas**

A atividade planejada explicita a exigência que o aluno se posicione e discuta criticamente as questões levantadas. Tal imperativo compreende a relevância de se fomentar momentos de contraste e debates em que o aluno exponha suas ideias/argumentos e as discuta com o grupo em sala de aula.

### **Natureza Razão objetiva**

#### **Explicitação dos problemas investigados no campo científico**

A abordagem do conteúdo se preocupa em apresentar os problemas investigados pelos cientistas em tal período histórico, no sentido de se buscar minimizar a perspectiva aproblemática do campo científico.

#### **Identificação e/ou esclarecimento de conceitos científicos estruturantes**

A abordagem do conteúdo/proposta se preocupa em trabalhar a identificação e/ou esclarecimento de conceitos científicos estruturantes, no sentido de valorizar discussões que permitam identificar os conceitos e ideias-chave apresentadas na aula.

#### **Aspectos empíricos orientados por lentes teóricas (Racionalização da experiência)**

O conteúdo é apresentado se preocupando em valorizar as discussões empíricas norteadas por lentes do campo teórico, além de também valorizar o entendimento de que novas racionalizações / ideias / conceitos podem emergir de discussões empíricas.

### **Reorganização e síntese das ideias trabalhadas**

A atividade evidencia a necessidade do aluno reorganizar e sintetizar as ideias discutidas com o intuito de promover maior clareza das concepções dos alunos e um melhor entendimento do tema proposto.

### **A explicitação de ideias, fomento de novas perguntas e formulação de hipóteses**

A atividade elaborada compreende a necessidade do aluno formular novas perguntas e hipóteses em busca da clareza das ideias, através de momentos de explicitação das concepções dos alunos.

### **Natureza Normatividade**

#### **Critérios, normas e regras adotadas ou propostas no campo científico**

O conteúdo apresentado se preocupa em explicitar as regras, normas e critérios (sendo entendidas como ferramentas de avaliação, padronização e orientação do conhecimento) adotados no campo científico e que permitem associá-lo aos princípios do conhecimento científico.

### **Referências Bibliográficas**

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. (tese de doutorado). Universitat Autònoma de Barcelona. Programa de Doctorat en Didactica de les Ciències Experimentals, 2001.

CHAMIZO, J. A. El aprendizaje de la historia experimental de la química. *Tecné, Episteme y Didaxis*, n. 26, 2009.

GARIK, P.; GARBAYO, L.; BENÉTREAU-DUPIN, Y.; WINRICH, C.; DUFFY, A.; GROSS, N.; JARIWALA, M.. Teaching the Conceptual History of Physics to Physics Teachers. *Science & Education*, v. 24, n. 4, p.387-408, 2015.

HENKE, A.; HÖTTECKE, D. Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching. *Science & Education*, v. 24, n. 4, p. 349-385, 2015.

KALMAN, C. S.; LATTERY, M. J. Three Active Learning Strategies to Address Mixed Student Epistemologies and Promote Conceptual Change. *Frontiers In Ict*, v. 5, p. 1-9, 2018.

LOGUERCIO, R. de Q.; DEL PINO, J. C. Em defesa do filosofar e do historicizar conceitos científicos. *História da Educação (UFPEl)*, v. 11, p. 67-96, 2007.

MACHADO, S. F. R. **Uma proposta de articulação entre epistemologia e história da ciência como fundamentação teórica à construção de episódio em ciências**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 115p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, 2018.

MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Hand book of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. 1ª ed. New York: Springer Science+business Media Dordrecht, 2014. 2532 p.

PIZZATO, M. C. **Enseñanza Coinspirada: Un estudio de Caso en la Formación de profesores de Ciencias**. 2010. Tesis Doctoral (Enseñanza de las Ciencias) - Departamento de Didáctica Específicas, Universidad de Burgos, Burgos, 2010.

SANTOS, S. B.; ODETTI, H. S.; OCAMPO, E. M.; ORTOLANI, A. E.; NASCIMENTO JÚNIOR, B. B. do; SANTOS, B. F. dos; RIBEIRO, M. A. P. A disciplina de História da Ciência e da Técnica: contribuições para o ensino e a formação de Professores de Química. **Educación Química**, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2014.

TEIXEIRA, E. S, FREIRE JR, O; GRECA, I. M. La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. **Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 33, n. 1, p. 205-223, 2015.

TSYBULSKY, D.; DODICK, J.; CAMHI, J. The Effect of Field Trips to University Research Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding. Research In **Science Education**, v. 48, n. 6, p. 1247-1272, 2018.