UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

WALDEMAR VICTOR MARTINS SILVA

AÇÕES DE PROFESSORAS DE QUÍMICA PARA A MANIFESTAÇÃO DE CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA DOS ESTUDANTES: UMA ANÁLISE EM UM CONTEXTO DE ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

FLORESTAL – MINAS GERAIS
2023

WALDEMAR VICTOR MARTINS SILVA

AÇÕES DE PROFESSORAS DE QUÍMICA PARA A MANIFESTAÇÃO DE CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA DOS ESTUDANTES: UMA ANÁLISE EM UM CONTEXTO DE ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Poliana Flávia Maia.

FLORESTAL – MINAS GERAIS
2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal

T

Silva, Waldemar Victor Martins, 1995-

S586a 2023

Ações de professoras de química para a manifestação de conhecimentos de natureza da ciência dos estudantes: uma análise em um contexto de ensino fundamentado em modelagem / Waldemar Victor Martins Silva. – Florestal, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (281 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Poliana Flávia Maia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2023.

Referências bibliográficas: f. 206-218.

DOI: https://doi.org/10.47328/ufvcaf.2024.008

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Professoras de química. 2. Ciência - Estudo e ensino. I. Maia, Poliana Flávia, 1982-. II. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. III. Título.

CDD 23. ed. 370.7

WALDEMAR VICTOR MARTINS SILVA

AÇÕES DE PROFESSORAS DE QUÍMICA PARA A MANIFESTAÇÃO DE CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA DOS ESTUDANTES: UMA ANÁLISE EM UM CONTEXTO DE ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de novembro de 2023.

Assentimento:

gov.br Documento assinado digitalmente
WALDEMAR VICTOR MARTINS SILVA
Data: 19/07/2024 12:40:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Waldemar Victor Martins Silva
Autor

gov.br Documento assinado digitalmente
POLIANA FLAVIA MAIA
Data: 19/07/2024 12:51:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Poliana Flávia Maia
Orientadora

“Dedico este trabalho ao meu querido e amado papai, Waldemar Ribeiro da Silva (in memoriam), em reconhecimento à sua contínua inspiração e orientação. Ele sempre foi minha fonte de força, luz, determinação e inspiração. Mesmo sem sua presença física, sinto a responsabilidade honrosa de preservar e transmitir os ensinamentos valiosos que ele me deixou como legado. Descrevo-os de forma significativa aqui: “Mantenha sempre sua humildade inabalável; saiba que seu nome é sua maior riqueza; valorize sua família como seus melhores amigos e nunca desista daquilo que te faz realmente feliz.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de experienciar inúmeros momentos que ressignificaram minha vida e me fizeram valorizar as pequenas coisas.

À minha mamãe, que representa todo o meu coração. Agradeço o amor e inesgotável apoio durante toda minha caminhada até esse momento. Agradeço por ser meu ombro amigo nos dias bons e ruins. Além disso, parabenizo-a por ter sido essa mãe incrível ao me ensinar os melhores valores que um homem pode ter, respeito e dignidade.

À minha irmã, em quem me espelho todos os dias pela garra e dedicação. Agradeço por tê-la na minha vida e por ter acreditado em mim todo esse tempo. Agradeço ainda por todo companheirismo e afeto que sempre recebi. Saiba que você é meu maior presente. Te amo mil milhões.

À minha querida orientadora, Poliana, por ter me acompanhado nesses últimos anos desde a graduação. Momentos estes em que evolui muito como pessoa através das conversas cheias de alegria; como professor, pelos ensinamentos e trocas de experiências; e como pesquisador, através do incentivo em mostrar meu potencial. Portanto, palavras não cabem nesse singelo agradecimento. Agradeço por tê-la para além da orientação, como amiga, onde nunca desistiu de mim e sempre me ofereceu alento, carinho e cuidado nos momentos em que faltaram luz. Por tudo e por tanto, agradeço por tê-la em minha vida.

À Monique, que se tornou uma amiga inestimável e que me acompanhou durante toda minha trajetória de formação para o mestrado. Agradeço por tê-la em minha vida e por todo apoio concedido a mim.

Ao meu amigo Jesus, que esteve ao meu lado em diversos momentos, alegrando os meus dias com seu carisma e simpatia. Agradeço a ele por ter acreditado em mim e por ter me cedido seu ombro amigo nos desabafos, aflições e alegrias compartilhadas nesse tempo. Agradeço também pelas discussões valiosas que foram significativas para este trabalho.

Às minhas amigas, Thasmânia, Eliza e Aliana que admiro imensamente pela ternura, pelos abraços, pelas mensagens carinhosas e por terem me acolhido em suas vidas. A vocês um obrigado não basta.

À professora Rosária, por ter me acolhido no grupo de pesquisa REAGIR, onde pude aprender com pesquisadoras e pesquisadores incríveis, não apenas sobre atividades de modelagem, mas em como podemos nos modelar ao longo da vida, construindo vínculos e vivendo intensamente aquilo em que acreditamos. Agradeço por todos ensinamentos e inspirações concedidas a mim e à nossa pesquisa.

Aos grupos REAGIR e NOS modelando, pelas trocas valiosas e momentos que marcaram minha trajetória até aqui.

À minha amiga e professora Daniela, por ter contribuído para o professor que sou hoje. Mas além disso, agradeço o ombro amigo em momentos que mais precisei.

À Joyce, minha madrinha da graduação, que me acolheu com todo carinho e que de várias formas me introduziu no mundo da Educação.

À minha querida amiga Érica, que esteve ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada e antes dela. Agradeço por todo carinho e apoio.

Aos novos amigos adquiridos ao longo das disciplinas cursadas no mestrado, em especial à Thais, que se tornou uma pessoa muito especial. Agradeço a ela por me conceder boas energias em momentos difíceis do contexto pandêmico em que vivemos nessa pesquisa.

A todos os meus professores do curso de Licenciatura em Química do *campus* UFV-Florestal, em especial ao Leandro, Juliana e Inácio, por terem sido fonte de inspiração contínua. Agradeço a formação concedida a mim durante o PIBID e por terem me oportunizado experiências incríveis ao longo da graduação.

Agradeço às professoras e pesquisadoras Stefannie Ibraim e Monique Santos, e aos professores pesquisadores Thiago Mendonça e Leandro Oliveira, por gentilmente terem aceitado a participar como membros da banca examinadora dessa dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido à nossa pesquisa.

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

“A vida não é fácil para nenhum de nós [...] Mas temos que preservar e sobretudo de ter confiança em nós mesmos [...] Temos que crer-nos dotados para qualquer coisa a ser alcançada, custe o que custar.”

Marie Curie

RESUMO

SILVA, Waldemar Victor Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2023. **Ações de professoras de química para a manifestação de conhecimentos de natureza da ciência dos estudantes: uma análise em um contexto de ensino fundamentado em modelagem**. Orientadora: Poliana Flávia Maia.

Pesquisadores da Educação em Ciências têm demonstrado uma crescente preocupação com a forma como os contextos de sala de aula podem contribuir para a alfabetização científica, informada e holística. Uma das abordagens que promove esse desenvolvimento é a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM), conforme proposta por Gilbert e Justi (2016). A partir de uma lacuna identificada na literatura, nos propusemos a investigar as ações e interações empregadas por professoras de Química que resultaram na manifestação de conhecimentos sobre a Natureza da Ciência (NdC) dos estudantes, em um contexto de ECFM. Essa pesquisa analisou dados previamente coletados na aplicação de uma sequência didática que envolveu três contextos de ensino: *cotidiano*, *científico* e *sociocientífico*, para o tema plásticos. Essa coleta foi feita por pesquisadoras do grupo REAGIR – modelagem e educação em ciências no ano de 2017. Esse projeto analisou o *corpus* documental referente ao contexto de ensino *cotidiano*, uma vez que essa pesquisa se deu ao longo da pandemia da COVID-19, impedindo a aplicação de uma sequência didática de modo presencial. A aplicação da atividade de ensino foi conduzida por uma professora e duas pesquisadoras, em uma escola da rede federal da região metropolitana de Belo Horizonte, para 13 estudantes voluntários que cursavam o 3º ano do ensino médio. A partir do registro em vídeo da aplicação das atividades, foi elaborado um estudo de caso. Esse estudo de caso foi posteriormente analisado à luz de dois referencias: Modelo de Ciência para Educação em Ciências v.3 (Santos, 2023) para a identificação dos aspectos de NdC manifestados ou vivenciados pelos estudantes ao longo das atividades; e do Diagrama Modelo de Modelagem v.2 (Gilbert; Justi, 2016), para delimitarmos as influências da condução das professoras em relação ao desenvolvimento das etapas da modelagem. Como resultados, caracterizamos 5 tipos de questões e/ou reflexões que as professoras aplicaram com a intenção de os estudantes manifestarem aspectos de NdC. Tais questões eram do tipo (i) metacientíficas (QMT); (ii) que envolviam revisão de um conhecimento científico (QCC); (iii) que geravam revisão nos modelos (QRM); (iv) que envolviam o conhecimento prévio do estudante (QCP); e (v) que envolviam explicitamente etapas do processo de modelagem (QPM). Concluímos que, a partir dessas questões e das contribuições do nosso referencial de análise, a maioria das ações das professoras mantinham uma relação significativa na mobilização de aspectos relacionados à natureza da Ciência. As discussões motivaram os estudantes a externalizar e ampliar suas visões sobre a natureza epistêmica do conhecimento científico. Essas observações se concretizaram com as etapas de modelagem conduzindo ações mediadas para essas manifestações de NdC. Portanto, criamos um produto educacional para auxiliar professores de Química a promover atividades que permitam aos estudantes vivenciar práticas científicas e/ou epistêmicas, ampliando suas visões sobre Ciência.

Palavras-chave: Questões de Professores. Natureza da Ciência. Educação Científica Fundamentada em Modelagem. Educação Científica Autêntica.

ABSTRACT

SILVA, Waldemar Victor Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2023. **Chemistry teachers' strategies for eliciting students' nature of science manifestations: an analysis in a modeling-based teaching context**. Adivisor: Poliana Flávia Maia.

Science education researchers have shown growing concern about how classroom contexts can contribute to informed and holistic scientific literacy. One of the approaches that promotes this development is Model-Based Science Learning (MBSL), as proposed by Gilbert and Justi (2016). Addressing a gap in the literature, we set out to investigate the actions and interactions employed by Chemistry teachers that resulted in the manifestation of students' Nature of Science (NOS) knowledge in an MBSL context. This research analyzed previously collected data from the implementation of a teaching sequence. This sequence encompassed three teaching contexts: everyday, scientific, and socioscientific, all centered around the topic of plastics. Data collection was conducted by researchers from the REAGIR group – modeling and science education in 2017. This project examined the corpus documental related to the everyday teaching context, as the research took place during the COVID-19 pandemic, preventing the in-person implementation of a teaching sequence. The teaching activity was carried out by three researchers in a federal school in the metropolitan region of Belo Horizonte, involving 13 volunteer students in their 3rd year of high school. A case study was created using video recordings of the teaching activities. This case study was subsequently analyzed using two references: the Science Model for Science Education v.3 (SANTOS, 2023) to identify NOS aspects manifested or experienced by students during the activities, and the Modelling Model Diagram v.2 (GILBERT and JUSTI, 2016) to delimit the influences of the teachers actions on the development of the modeling stages. As a result, we identified five types of teacher-generated metascientific questions (MQ) and reflections that teachers used to encourage students to manifest NOS aspects. These five types questions were: (i) metascientific questions (MQ); (ii) questions that involved the review of scientific knowledge (CQ); (iii) questions that led to revisions in models (RM); (iv) questions related to students' prior knowledge (PKQ); and (v) questions that explicitly involved modelling process stages (MPQ). We concluded that, through these questions and the contributions of our analytical framework, most of the teachers' actions maintained a significant connection to the mobilization of aspects related to the Nature of Science. Discussions with the students motivated them to externalize their views on the epistemic nature of scientific knowledge or even to construct an expanded view of this process. All these observations only materialized as the modelling stages led to mediated actions for these manifestations of NOS. Considering the nature of this work, we have developed an educational product aimed at supporting Chemistry teachers in conducting teaching activities as part of our objectives. These activities aim to enable students to experience scientific and/or epistemic practices, with the aim of expanding their views on science.

Keywords: Teacher Questions. Nature of Science. Scientific Model-Based Science Education. Authentic Scientific Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação visual do MoCEC.....31

Figura 2 - Representação da segunda versão do MoCEC. 34

Figura 3 - Representação da terceira versão do MoCEC. 38

Figura 4 - Diagrama Modelo de Modelagem v.2 (DMM).....45

Figura 5 - Esquema representacional dos trabalhos que mais estão associados às contribuições de Gilbert e Justi (2016). 49

Figura 6 - Modelo para apresentação da análise dos dados. 66

Figura 7 - Disposição dos estudantes, professoras e instrumentos de coleta de dados na sala de aula. 72

Figura 8 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G3. 76

Figura 9 - Mecanismo de pagamento por meio de moedas da máquina de refrigerantes do G3. 78

Figura 10 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G2. 80

Figura 11 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G1. 82

Figura 12 – Mecanismo do modelo do G1 de evasão das latinhas de refrigerante empilhadas por meio de tubos refrigerados.....84

Figura 13 - Três formas de representação (I, II e III) de uma casa. 162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais aspectos que caracterizam a área Comunicação da Ciência.37

Quadro 2 - Relações de estudantes participantes da pesquisa. 58

Quadro 3 - Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. 100

Quadro 4 - Representação da análise para os dados das atividades de modelagem do contexto cotidiano. 172

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Questões mobilizadas pelas professoras. 186

Gráfico 2 - Aspectos manifestados pelas questões das professoras. 188

Gráfico 3 - Aspectos de NdC manifestados pelos estudantes. 190

Gráfico 4 - Relações entre as intenções das professoras e a manifestação dos estudantes. 192

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Avaliação
AT_1	Atividade 1
AT_2	Atividade 2
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
C	Criação
CdC	Características da Ciência
COVID-19	Vírus da família dos coronavírus
DCC	Dimensões de Confiabilidade da Ciência
DMM v.2	Diagrama Modelo de Modelagem
E	Expressão
ECFM	Educação Científica Fundamentada em Modelagem
EFM	Ensino Fundamentado em Modelagem
FOS	Features of Science
FRA	Family Resemblance
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
G3	Grupo 3
MoCEC	Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências
MoCEC v.2	Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências versão 2
MoCEC v.3	Modelo de Ciências para a Educação em Ciências
NdC	Natureza da Ciência
NGSS	Next Generation Science Standards
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais
PET	Polietileno Tereftalato

PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PISA	Programme for International Student Assessment
PQ1	Pesquisadora 1
PQ2	Pesquisadora 2
QCC	Questões e/ou reflexões envolvendo a ênfase ou revisão de um Conhecimento Científico
QCP	Questões e/ou reflexões que envolveram o Conhecimento Prévio do estudante
QMT	Questões e/ou reflexões Metacientíficas
QPM	Questões e/ou reflexões envolvendo o Processo de Modelagem
QRM	Questões e/ou reflexões que geram Revisões nos Modelos dos estudantes
T	Teste
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TV	Televisor
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFV	Universidade Federal de Viçosa
VC	Visão Consensual
VNOS	Views of Nature of Science Questionnaire

Sumário

1. INTRODUÇÃO 16

1.1. Um diálogo com a área para a consolidação do objeto de estudo 16

1.2. Abordando a construção do objeto de estudo 18

1.3. Sobre a organização desse trabalho 21

2. REVISÃO DE LITERATURA 23

2.1. A Natureza da Ciência no ensino de Ciências 23

2.2. O Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC) e suas Contribuições para Inserir Aspectos de Natureza da Ciência no Contexto de Ensino 30

2.3. Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências 39

3. OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA 52

4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO 54

4.1. Tipologia da pesquisa 54

4.2. Contexto da pesquisa 56

4.3. Contexto de coleta e participantes 56

4.4. As estratégias de ensino fundamentadas em modelagem 59

4.5. Metodologia de coleta de dados 61

4.6. Metodologia de análise de dados 63

4.7. Elaboração do produto educacional: O fenômeno da dissolução em contexto 67

5. PERSPECTIVAS AMPLIADAS: RESULTADOS EMERGENTES E DIÁLOGOS EM EVOLUÇÃO 69

5.1. Revelando Conexões: Um Estudo de Caso em Análise 70

5.1.1. Atividade 1: Construindo o conhecimento de uma maneira diferente ..73

5.1.2. Atividade 2: Testando nossos modelos 100

5.1.3. Atividade 3: Utilizando o modelo em outro contexto 142
5.1.4. Atividade 4: O papel das representações 161
5.1.5. Atividade 5: Pensando sobre os plásticos 166
5.2. Representação para a Análise de Dados 171
5.3. Explorando Tendências: Uma Análise Gráfica 186
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 195
6.1. Desenvolvimento Pessoal e Reflexões 203
7. REFERÊNCIAS 206
APÊNDICE A – CÓDIGOS EMPREGADOS PARA OS ASPECTOS DE NDC 219
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL 221
ANEXO A - ATIVIDADES DE MODELAGEM PARA O TEMA PLÁSTICOS.....263
Atividade 1 – Construindo o conhecimento de uma maneira diferente 263
Atividade 2 – Testando nossos modelos.....264
Atividade 3 – Utilizando o modelo em outra situação 265
Atividade 4 – O papel das representações 266
Atividade 5 – Pensando sobre os plásticos.....267
Atividade 6 – Características de diferentes objetos plásticos.....268
Atividade 7 – Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos 269
Atividade 8 – Testando nossos modelos.....270
Atividade 9 – Utilizando nossos modelos em outra situação.....272
Atividade 10 – Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos 274
Atividade 11 – Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos?.....278
Atividade 12 – Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios 279
Atividade 13 – Uma proposta 281

1. INTRODUÇÃO

“A ciência é a chave que abre muitas portas, mas nunca desvenda completamente o mistério.”

Richard Feynman.

1.1. Um diálogo com a área para a consolidação do objeto de estudo

Pesquisadores da área de Educação em Ciências (por exemplo, Allchin, 2011; Hodson, 2014b; Irzik; Nola, 2011; Lederman, N. G. *et al.*, 2002; Matthews, 2012; Santos *et al.*, 2020) enfatizam a importância de um ensino de Ciências que vá além da transmissão de fatos e teorias, visando integrar, explicitar e contextualizar aspectos da Natureza da Ciência (NdC) no processo de ensino e aprendizagem. Esse enfoque procura promover uma alfabetização científica, com o intuito de formar cidadãos críticos, reflexivos e capazes de lidar com as demandas complexas do mundo atual, capacitando-os a exercer a cidadania de forma informada e consciente (Sasseron; Carvalho, 2011).

É realmente fundamental que os estudantes desenvolvam uma visão da Ciência como um empreendimento humano, que é influenciado pela tecnologia e sociedade, pois essa compreensão holística da Ciência reflete a realidade e ajuda a formar cidadãos mais conscientes e críticos. Isso está em consonância com as orientações de diversos documentos que destacam a importância dessa abordagem no ensino de Ciências. Um deles é o *Framework for K-12 Science Education* popularmente conhecido como “Next Generation Science Standards” (NGSS), que fornece diretrizes para o ensino de Ciências nos Estados Unidos e enfatiza a importância de abordar a NdC nas aulas (COUNCIL, 2012). O *National Curriculum for England: Science Programmes of Study* do Reino Unido estabelece os requisitos curriculares para o ensino de Ciências na Inglaterra e inclui objetivos relacionados à compreensão da NdC (NCE, 2014). Esses são exemplos que representam a difusão do tema no mundo. Entretanto, no contexto nacional brasileiro, ainda temos a necessidade de tornar essa proposta mais difundida e explícita enquanto componente curricular e de formação inicial e continuada de professores (Souza *et al.*, 2023).

Ao promover uma visão mais ampla da Ciência, que engloba não apenas os fatos e teorias, mas também o contexto social, ético e epistemológico em que a

Ciência opera, os educadores contribuem para a formação de estudantes que são capazes de tomar decisões informadas e participar ativamente na sociedade. Portanto, essa abordagem é essencial nos contextos de sala de aula.

Logo, se faz necessário a utilização de práticas investigativas autênticas (Prins *et al.*, 2008), permitindo assim que os estudantes vivenciem a construção de seu próprio conhecimento científico. A promoção de uma educação científica mais autêntica, que fomente a inserção de aspectos de NdC e, consequentemente, discussões amplas sobre Ciência, pode ser promovida inserindo os estudantes em situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas, por exemplo, argumentativa, histórica, investigativa; bem como situações de ensino que contemplem diferentes contextos, por exemplo, cotidiano, científico e sociocientífico (Santos *et al.*, 2020; Santos, 2019; 2023; Silva *et al.*, 2022).

Nesse sentido, uma abordagem que apresenta grande potencial para o desenvolvimento de conceitos e o envolvimento em práticas científicas e epistêmicas é o processo de modelagem, visto que permite a vivência dos estudantes em situações análogas ao que ocorre no desenvolvimento de conhecimentos dentro da Ciência (Gilbert; Justi, 2016). O grande potencial destas estratégias está no desenvolvimento de diversas habilidades (investigativas, argumentativas, metacognitivas) e de conhecimentos de NdC (Davis *et al.*, 2010; Maia, 2009; Maia; Justi, 2008a). Atrelada a essas visões e com um olhar voltado para a prática docente, é importante o diálogo e compreensão das estratégias de ensino planejadas pelo professor e de suas mediações em sala de aula para a promoção de interação com os estudantes. Em suma, tais ações podem proporcionar caminhos para que o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes seja consolidado.

Em consonância com esses pressupostos teóricos, pensar no professor como mediador desse processo de inserção da NdC em contextos autênticos da Ciência, demanda uma valorização das suas ações e interações que são mobilizadas em sala de aula. Alguns trabalhos têm enfatizado esse papel com foco no planejamento de atividades e intervenções baseadas em modelagem (Oliveira, 2022). Entretanto, para pensar em como mobilizá-las, torna-se necessário compreendermos as intenções que partem dos professores, a maneira como as questões são estruturadas e o que as influenciam. Alguns autores propõem o uso de métodos que contribuam para a análise dessas questões, identificando as relações que são estabelecidas no processo de

ensino e aprendizagem (Mehan, 1979; Tomasello, 2019). Nesse sentido, algumas pesquisas (Andrade; Mozzer, 2016; Kawalkar; Vijapurkar, 2013) trouxeram contribuições valiosas para o estabelecimento de relações entre o método, a abordagem e as estratégias de ensino que o professor conduz em sala de aula para um ensino de Ciências autêntico.

1.2. Abordando a construção do objeto de estudo

Diante da perspectiva apresentada sobre a área de Educação em Ciências, tanto do ponto de vista da pesquisa quanto do ensino, começaram a ficar mais evidentes minhas inquietações em relação aos contextos de ensino que valorizam essencialmente aspectos conteudistas, negligenciando outros aspectos e dimensões dos conhecimentos científicos. Muitas vezes, o foco do ensino de Ciências recai principalmente nas teorias e conceitos, deixando de lado as dimensões que fazem parte da prática científica. Isso nos levou a perceber a importância dessas questões e entender como os aspectos cognitivos, metacognitivos e epistêmicos da Ciência podem ser incorporados ao ensino de Ciências de maneira abrangente, como por meio da modelagem. Essa é uma abordagem que pode proporcionar uma compreensão holística da Ciência, uma vez que envolve os estudantes em uma prática científica e epistêmica que caracteriza o cerne do desenvolvimento do conhecimento científico.

A importância da Educação em Ciências na formação dos estudantes sempre foi um desafio ao longo da minha carreira como docente. Não se tratava da falta de conhecimento ou de estratégias de ensino contemporâneas, mas de como utilizá-las de maneira eficaz nos contextos em que ensinava. Além disso, as leituras acadêmicas e curriculares frequentemente apresentavam termos importantes, mas sem fornecer um significado claro para a formação de cidadãos. Percebi que para meu crescimento profissional, era fundamental compreender a perspectiva holística da Ciência e ser capaz de fomentar o desenvolvimento de tal consciência nos estudantes. Ao longo da minha jornada, encontrei vários momentos que me levaram a perceber que simplesmente ensinar Ciência não era suficiente. Os próprios estudantes expressavam essa preocupação, observando que o ensino de algum conteúdo científico, muitas vezes, não os capacitava a relacioná-lo ou aplicá-lo em contextos

amplos, como questões atuais sobre aquecimento global, vacinas, poluição atmosférica e outros tópicos que eu buscava contextualizar em sala de aula.

Essas preocupações não eram exclusivas minhas; colegas de profissão compartilhavam os mesmos desafios. Além disso, essas questões eram amplificadas por vários obstáculos, incluindo a falta de tempo para o planejamento de intervenções, a ausência de políticas públicas que apoiassem a formação contínua dos professores, a desvalorização profissional, a burocracia no currículo e a dificuldade de torná-lo dinâmico, a dificuldade em envolver a comunidade escolar em inovações no ensino e a falta de instrumentos para implementar novas práticas de ensino. Sendo assim, Tardif nos lembra das limitações impostas aos professores:

> De fato, o corpo docente não é responsável pela definição nem pela seleção dos saberes que a escola e a universidade transmitem. Ele não controla diretamente, e nem mesmo indiretamente, o processo de definição e de seleção dos saberes sociais que são transformados em saberes escolares (disciplinares e curriculares) através das categorias, programas, matérias e disciplinas que a instituição escolar gera e impõe como modelo da cultura erudita (2014, p. 40).

Diante de minhas preocupações, comecei a buscar respostas e soluções para os problemas que enfrentava no ensino de Ciências. Desde a graduação, procurei me envolver em atividades acadêmicas e colaborar em eventos relacionados à Química. No entanto, ainda não me sentia plenamente conectado à profissão docente.

Foi somente quando tive a oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) que minha percepção sobre educação e o papel do educador passou por uma transformação significativa. Durante o programa, tive a chance de imergir no processo de formação inicial, trabalhando nas escolas, interagindo com os estudantes, participando de feiras de Ciências, conferências e discussões sobre questões educacionais conduzidas pelos coordenadores do programa.

Minha experiência no PIBID foi enriquecedora, e tive a oportunidade de participar de um curso coordenado por minha orientadora, professora Poliana Maia, focado na criação de atividades baseadas em modelagem. No curso, participamos de reuniões para debater as potencialidades dessa estratégia, discutir expectativas em relação à aprendizagem dos estudantes e planejar atividades em contextos reais de ensino. Escolhemos o tema *soluções* para nossa sequência de atividades de

modelagem devido às dificuldades associadas à compreensão desse fenômeno em um nível submicroscópico, que requer um alto nível de abstração.

Com base no que aprendemos no curso e nas atividades que desenvolvemos, elaborei minha monografia, que consistiu em uma sequência de aulas baseada na modelagem. O objetivo era que os estudantes desenvolvessem conexões significativas entre os conhecimentos prévios relacionados ao tema *soluções* e compreendessem o seu processo de formação. E foi nesse momento em que a minha compreensão de uma Ciência para além do conhecimento curricular começou a emergir.

À medida que alcançávamos esse objetivo, identificamos algumas lacunas em nossa compreensão, relacionadas a: (i) qual é o papel dos professores na mobilização de conhecimentos científicos e metacientíficos durante as atividades de modelagem? (ii) como podemos expandir as visões além da Ciência em uma abordagem baseada em modelagem? e (iii) como os estudantes se engajam em contextos de ensino que enfatizam a introdução de conhecimentos de NdC?

Essas lacunas só foram devidamente compreendidas quando fui convidado por minha orientadora e acolhido pela professora e pesquisadora Rosária Justi para integrar o grupo de pesquisa REAGIR, que se dedica à modelagem e educação em ciências na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Esse período coincidiu com o início de minha carreira docente nas escolas públicas de minha cidade.

Minha experiência no REAGIR e minha interação com seus membros abriram caminhos e oportunidades de aprendizado no amplo campo do ensino de Ciências. No entanto, devido à complexidade das discussões, inicialmente me senti inseguro e incapaz de opinar sobre alguns tópicos. Graças ao espírito de colaboração do grupo, consegui me desenvolver e enxergar novas perspectivas.

Com esse crescimento pessoal e cognitivo, decidi me inscrever no Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Viçosa (UFV) *campus* Florestal, a mesma instituição onde me formei em Licenciatura em Química. Fui aprovado na primeira turma do curso em 2020, realizando assim um sonho de conciliar minha carreira de professor com a pesquisa. Além disso, busquei enfrentar desafios pessoais como metas nesse novo processo, por exemplo,

dificuldades na escrita, o extremo perfeccionismo, a ansiedade e a autossuficiência, que haviam me afetado durante a elaboração de minha monografia.

Durante essa fase de formação, busquei abordar as questões pessoais e profissionais mencionadas anteriormente. Nesse contexto, essa pesquisa se tornou uma oportunidade para investigarmos como as práticas dos professores têm um impacto significativo na explicitação do conhecimento de NdC pelos estudantes, especialmente em contextos de ensino baseados na modelagem. Responder a essa questão me permitiu compreender o impacto significativo da NdC em nossas vidas. Ao refletir sobre minha trajetória acadêmica, percebi que muitos dos conceitos discutidos em nossos referenciais teóricos eram evidentes em minha jornada.

Essa compreensão completa o processo de investigação e destaca a relevância do trabalho, principalmente, considerando a criação de um produto educacional baseado nessa pesquisa. Esse produto é uma adaptação do que desenvolvi em minha monografia e representa uma etapa importante na minha evolução como pesquisador, incorporando as experiências e aprendizados ao longo dessa jornada. Portanto, acreditamos que esse recurso possa ser de grande utilidade para outros professores e professoras de Química. Que ele possa ajudá-los a compreender como os conhecimentos sobre Ciência são reconhecidos em atividades de modelagem, o que contribui para um dos pressupostos teóricos mais importantes: uma formação crítica e reflexiva para o exercício da cidadania.

1.3. Sobre a organização desse trabalho

O conjunto dessas elucidações e apresentações contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação, que foi redigida e dividida em seis capítulos. Nesse capítulo introdutório, buscamos apresentar os principais temas e questões que fundamentaram e motivaram a realização dessa pesquisa, tanto no âmbito da área de Educação em Ciências, quanto em relação aos aspectos subjetivos que levaram à realização desse trabalho.

No segundo capítulo apresentamos um diálogo entre as principais referências do nosso objeto de estudo, de modo a contrapô-las para que pudéssemos apresentar um resumo, análise e síntese das principais descobertas, teorias, pesquisas e

contribuições relevantes no campo de estudo da NdC e da modelagem, pelas lentes do ensino de Ciências e dos seus modelos estruturantes, MoCEC v.3 e DMM v.2.

No terceiro capítulo, apresentamos os objetivos e a questão de pesquisa que orientaram essa investigação.

No quarto capítulo, dedicamos nossa apresentação a todo corpo metodológico estruturador desta pesquisa, viabilizando caminhos que pudessem nos trazer conhecimentos firmados em nossos referencias de análise para responder à questão de pesquisa. Neste capítulo relacionamos a forma como a pesquisa foi aplicada, os modos da coleta de dados, o perfil e representação da análise e, por fim, as etapas que fizeram parte da elaboração do produto educacional.

No quinto capítulo, organizamos o texto em três etapas. A primeira apresentou o nosso estudo de caso para um dos contextos das atividades de modelagem. O contexto cotidiano ao qual nos referimos foi descrito e transcrito em eventos que se mostraram relevantes para a nossa análise, evidenciando cronologicamente as interações entre professoras e estudantes. Apresentamos nessa mesma etapa as discussões que suscitaram a nossa categorização em cinco tipos de questões que representaram o processo conduzido pelas professoras e as relações significativas entre os condutores desse processo.

Na segunda etapa, elaboramos uma representação visual que auxiliasse na análise dos dados que emergiram da etapa anterior. Tal representação explicita as relações entre as influências que o processo de modelagem forneceu para que as professoras mobilizassem questões direcionadas a manifestação de visões sobre NdC dos estudantes. Acoplado a esse momento, em nossa terceira etapa, centralizamos todos os dados em algumas representações gráficas que demonstraram a frequência da mobilização das questões pelas professoras, dos aspectos que emergiram dessas questões, dos aspectos que os estudantes manifestaram e das relações estabelecidas entre professoras e estudantes.

O último capítulo, centraliza sua discussão nas considerações que apresentamos com base em todo o contingente de dados que corroboraram para responder nossa questão de pesquisa, apresentando os principais resultados, os limites e potencialidades do trabalho, bem como as projeções para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A partir das leituras realizadas, discutiremos como os principais referenciais que sustentam essa pesquisa têm sido desenvolvidos na área de Educação em Ciências. Assim, apresentaremos seções que discutem: (i) a Natureza da Ciência como uma das tendências do ensino de Ciências, que a partir de abordagens envolvendo, por exemplo, estratégias de ensino que, em contextos de investigação distintos, podem auxiliar na implementação de uma alfabetização científica autêntica; e (ii) a modelagem como prática epistêmica, possuindo grande potencial em aproximar os processos de construção de conhecimento pela Ciência aos conhecimentos científicos curriculares abordados no contexto de ensino.

2.1. A Natureza da Ciência no ensino de Ciências

Nas últimas décadas, a preocupação em desenvolver um ensino que valorize a promoção de uma alfabetização científica mais autêntica para o público em geral tem sido o foco de muitas investigações realizadas por alguns pesquisadores da área de Educação em Ciências (Sasseron, 2015; Sasseron; Carvalho, 2011; Teixeira, 2013). Buscando auxiliar na solução dessa lacuna, Hodson (2014a) apresenta quatro dimensões necessárias para implementação de uma educação científica autêntica: (i) *aprender ciência* que abrange a compreensão de conhecimentos teóricos e/ou conceituais; (ii) *aprender sobre ciência* que envolve a compreensão dos aspectos que caracterizam a construção do conhecimento científico, bem como dos seus processos de produção, avaliação e comunicação; (iii) *aprender a fazer ciência* que significa aprender ciência por meio da resolução de problemas; e (iv) *aprender a lidar com abordagens a partir de questões sociocientíficas,* que envolve o confronto de diferentes ideias, conhecimentos e/ou opiniões, com o intuito de desenvolver habilidades para as tomadas de decisões, críticas e conscientes diante do contexto em que as questões estão inseridas.

Ainda segundo Hodson (2014a), essas dimensões devem ser consideradas com a mesma importância ao serem abordadas no ensino de Ciências, visto que, em diversas situações, tem-se valorizado um número excessivo de conceitos com pouca ou nenhuma interrelação entre eles, bem como a ênfase em um processo de memorização e transmissão de conhecimentos científicos curriculares (Figueirêdo; Justi, 2011). Sendo assim, tais dimensões delineadas por Hodson (2014a) reforçam a

necessidade de promover uma educação científica que enalteça o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências[1], envolvendo o entendimento de como o conhecimento científico é construído e refletido acerca dos processos envolvidos nessa construção.

Cabe ressaltar que a alfabetização científica (Sasseron; Carvalho, 2011) e as dimensões apresentadas por Hodson (2014a), não possuem o propósito de promover a formação de um público de cientistas (Höttecke; Allchin, 2020). Tais perspectivas têm como alvo a formação de cidadãos com habilidades que os auxiliem na resolução de problemas abrangentes exigidos pela sociedade, a partir de uma instrumentalização que desenvolva visões adequadas da natureza da construção dos conhecimentos produzidos pela Ciência.

Nesse sentido, alguns pesquisadores têm enfatizado a necessidade e a importância de se incluir no contexto do ensino de Ciências os conhecimentos de NdC (por exemplo, Allchin, 2011; 2012a; Allchin *et al.*, 2014; Azevedo; Scarpa, 2017a; Lederman, N. G. *et al.*, 2002; Martins, 2015; Santos *et al.*, 2020; Santos, 2019), de modo a alcançar alguns dos objetivos de ensino mencionados anteriormente (por exemplo, a alfabetização científica e a visão mais informada sobre a Ciência). Diante dessa necessidade, os trabalhos explicitados da literatura da área têm apresentado inúmeras termologias[2] e definições para NdC. Das definições que puderam ser identificadas, aquela que mais se aproximou dos objetivos de nossa pesquisa, foi a de McComas (2008), afirmando que a:

> NdC é definida como um domínio híbrido que mistura aspectos de vários estudos sociais da ciência incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência combinadas com as pesquisas das ciências cognitivas tal como a psicologia dentro de uma rica descrição da ciência; como ela funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a sociedade em si direciona e reage aos empreendimentos científicos (2008, p. 249-250, tradução nossa).

Ainda sob essa lente, alguns dos pesquisadores mencionados anteriormente também têm enfatizado a importância de se inserir conhecimentos de NdC de maneira *explícita* e/ou *contextualizada* e/ou *integrada* (Oliveira, 2013; Santos, 2018; Santos *et*

[1] O termo *sobre* Ciências é considerado nessa dissertação, tal como em diversas outras pesquisas da área, como sendo um sinônimo para Natureza da Ciência (NdC).
[2] Dentre as quais nos apropriamos do termo Natureza da Ciência (NdC), amplamente utilizado nas pesquisa brasileiras, traduzido do termo *Nature of Science*.

al., 2020). Do ponto de vista de Santos, Maia e Justi (2020), a abordagem *explícita* se caracteriza pelas discussões e reflexões claramente abertas dos aspectos de NdC que influenciam ou influenciaram a construção de um determinado conhecimento produzido pela Ciência, por exemplo, ao identificarmos quais aspectos influenciam e mobilizam cientistas do mundo todo a desenvolverem uma vacina para a COVID-19.

Em seguida, a abordagem *contextualizada* é fundamentada pela inserção de um determinado contexto (por exemplo, o tema “chuva ácida” como cenário para ensinar os modelos ácido-base) na compreensão de um conhecimento científico. Por outro lado, a abordagem *integrada* diz respeito à inserção de aspectos de NdC em um ou mais conteúdos científicos curriculares, por exemplo, compreender a presença de ideias relacionadas à natureza elétrica da matéria (conhecimento investigado por diversos cientistas no século XVIII) na proposição das teorias das ligações químicas (iônica, metálica e covalente). Tais abordagens necessitam de clareza e cuidado ao serem inseridas no processo de ensino e aprendizagem, visto que um equilíbrio se torna importante para que seu desenvolvimento seja efetivo. Segundo Santos e colaboradores (2020), a abordagem de NdC de forma explícita, contextualizada e integrada:

> [...] pode favorecer não apenas a aprendizagem de conteúdos científicos curriculares como o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências, na medida em que potencializa a construção do conhecimento *de* e *sobre* Ciências em seus contextos de construção, com seus limites e alcances, aproximando os estudantes desses contextos (Santos *et al.*, 2020, p. 583).

Mesmo havendo um consenso entre os pesquisadores sobre a importância de se inserir os conhecimentos de NdC no ensino de Ciências, ainda não se têm um diálogo consensual sobre *o que* e *como* inserir a NdC nos currículos de Ciências (Allchin *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2020). A falta desse consenso pode estar diretamente associada à ausência de uma definição unívoca sobre o que seja a Ciência e do que seria fundamental para caracterizá-la (Azevedo; Scarpa, 2017b). Essas afirmações são corroboradas ao lermos os trabalhos de dois grandes pesquisadores, Douglas Allchin e Norman G. Lederman, junto de seus colaboradores, que buscam propor *o que* e *como* inserir tais conhecimentos de NdC no contexto do ensino de Ciências. Entretanto, as visões desses autores entram em um debate caloroso envolvendo retratações (sendo elas: Allchin, 2012b; Schwartz *et al.*, 2012)

publicadas na revista *Science Education* sobre a credibilidade e falibilidade das propostas apresentadas por eles, deixando clara a falta de consenso entre os pesquisadores sobre a temática em discussão.

Sob esse olhar e com o auxílio de alguns trabalhos de revisão bibliográfica (por exemplo, Azevedo; Scarpa, 2017b; Martins, 2015; Moura *et al.*, 2020) traçamos uma reflexão baseada em como a Ciência tem sido caracterizada e quais são os principais instrumentos implementados no ensino de Ciências para identificar as concepções sobre os conhecimentos de NdC.

A partir desse delineamento, Lederman *et al.* (2002) foi um dos primeiros trabalhos a elencarem uma lista de princípios de NdC. Essa lista de sete princípios foi apresentada por acreditarem que essa seria acessível e relevante para facilitar a compreensão sobre os aspectos que caracterizam a Ciência, sendo eles:

I. O conhecimento científico é provisório;
II. O conhecimento científico é de cunho empírico;
III. O conhecimento científico é fundamentado por teorias;
IV. O conhecimento científico é um produto de natureza humana, ou seja, é desenvolvido por exemplo, através da criatividade e da imaginação humanas;
V. O conhecimento científico é influenciado pela cultura e sociedade;
VI. Existem diferenças entre observação e inferência; e
VII. Existem diferenças entre leis e teorias (Lederman, N. G. *et al.*, 2002, p. 499).

Nesse mesmo trabalho, Lederman e colaboradores (2002) produziram um novo instrumento aberto, no formato de um questionário que buscava identificar as visões de NdC, bem como a possibilidade de avaliá-las significativamente. Tal questionário, conhecido pela sigla VNOS (*Views of Nature of Science Questionnaire*), foi validado com um conjunto de entrevistas individuais realizadas com seus participantes, o que difere dos típicos instrumentos (tradicionais e padronizados) utilizados com o mesmo objetivo de identificar as concepções de NdC. Segundo a revisão sistemática de pesquisas sobre concepções de NdC realizada por Azevedo e Scarpa (2017b), o VNOS e suas múltiplas versões são uma das principais estratégias usadas para acessar tais concepções, visto que é um dos instrumentos mais citados em trabalhos da área.

Do mesmo modo que o VNOS, a lista de princípios (Lederman, N. G. *et al.*, 2002), também conhecida na literatura como Visão Consensual (VC) da Ciência, possui muita influência e credibilidade do ponto de vista de alguns pesquisadores que seguem sendo adeptos a essa (Cakici; Bayir, 2012; Schwartz *et al.*, 2008). A partir disso, esses apoiadores da VC costumam compreender a NdC como “natureza do conhecimento científico”, trazendo uma visão de distanciamento entre a Ciência e a “investigação”. Assim, é deixado de lado os aspectos relativos aos processos e métodos da ciência (Martins, 2015).

Em contrapartida, outros pesquisadores (ver também, Allchin, 2011; Allchin, 2014; Allchin *et al.*, 2014; Höttecke; Allchin, 2020; Irzik; Nola, 2011; Justi; Erduran, 2015; Matthews, 2012; Mccomas, 2008; Santos *et al.*, 2020) têm se posicionado contra essa lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores, dada a sua natureza simplista/generalista que não contribui para uma educação científica autêntica e que permita compreender a Ciência de forma ampla.

Dos pesquisadores mencionados anteriomente, Allchin (2011) é um dos que apresentam críticas intensas contra a lista de princípios de NdC. Para esse autor, listas curtas para caracterizar NdC – como a lista proposta por Lederman e colaboradores – devem ser reconhecidas como incompletas e insuficientes para a alfabetização científica funcional, visto que o público em geral precisa ser preparado para participar em uma sociedade na qual a Ciência e tecnologia são cada vez mais importantes nas políticas púbicas e na vida pessoal. Essas necessidades nem sempre são solucionadas apenas com os conteúdos científicos curriculares, fazendo-se importante a inclusão de estratégias que proporcionem o desenvolvimento de cidadãos mais informados *sobre* Ciências. Segundo Allchin (2011), um cidadão bem informado *sobre* Ciências será capaz de: (i) interagir com especialistas, mesmo não tendo domínio total do assunto; (ii) reconhecer evidências relevantes e as evidências falsas; (iii) saber apreciar as limitações, abrangências e fundamentos das alegações científicas; e (iv) negociar através das alegações científicas, tornando-os críticos e intérpretes da Ciência.

Pensando em um método alternativo à lista de princípios, Allchin (Allchin, 2011; 2012a; Allchin *et al.*, 2014) propôs o perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência. Esse perfil é conhecido como Ciência Integral (Whole Science), fundamentado por um

conjunto de aspectos – os processos e métodos das produções científicas, o papel do financiamento, o preconceito de gênero, entre outros – que descrevem como a Ciência funciona, abrangendo um equilíbrio entre as bases da confiabilidade e os limites da Ciência. As dez dimensões mencionadas por Allchin são:

I. observações e raciocínio;
II. métodos e investigação;
III. história e criatividade;
IV. o contexto humano;
V. cultura;
VI. interações entre cientistas;
VII. processos cognitivos;
VIII. economia e financiamento;
IX. instrumentação e experimentação; e
X. comunicação (Allchin, 2014).

Podemos observar que as Dimensões de Confiabilidade da Ciência (DCC) são mais amplas e abrangentes do que a lista de princípios proposta por Lederman e seus colaboradores (2002), tendo em vista principalmente o foco na Ciência como empreendimento humano, levando em consideração as práticas científicas como processos e métodos integrados à produção de conhecimentos científicos. Essa mesma reflexão também foi mencionada por Azevedo e Scarpa (2017b) ao identificarem 25 aspectos de NdC elencados como importantes para o ensino de Ciências por outros pesquisadores, mostrando a omissão de outros aspectos pela lista de princípios.

Algumas outras propostas da literatura como potenciais alternativas à lista de princípios são, por exemplo, (i) a *Semelhança Familiar* (Family Resemblance – FRA) de Irzik e Nola (2011; 2014) que exploram a ideia de que há ciências que compartilham características comuns e que podem ser agrupadas em famílias, sendo que algumas dessas famílias podem apresentar sobreposições; e (ii) a de *Características da Ciência* (CdC)[3] desenvolvida por Matthews (2012), que enfatiza a necessidade de uma organização dos aspectos relacionados à produção do conhecimento científico

[3] O termo Características da Ciência (CdC) é traduzido do original em inglês *Features of Science* (FOS).

em características ao invés de aspectos da Ciência, de modo a evitar a mistura de características epistemológicas, sociológicas, psicológicas e áreas afins em uma lista.

Em suma, concordamos que os princípios apresentados por Lederman e colaboradores (2002) demonstram limitações relacionadas à (i) não profundidade nos processos da Ciência; (ii) pouca atenção nas especificidades das múltiplas Ciências; (iii) ausência na ênfase de uma alfabetização científica autêntica; e limitações acerca das (iv) interpretações generalistas e subjetivas que podem levantar interpretações de que a Ciência não é confiável, ou até mesmo de que os princípios mencionados nessa lista devam ser ensinados literalmente (ver também, Allchin, 2011; 2012b; Azevedo; Scarpa, 2017b; Irzik; Nola, 2011; Martins, 2015; Matthews, 2012; Santos *et al.*, 2020). Entretanto, ressaltamos que não se deve desprezar as contribuições geradas a partir da VC e dos princípios que a norteiam, visto que foram essenciais para o avanço e desenvolvimento de propostas melhoradas para o ensino de Ciências.

A partir do delineamento exposto sob a ênfase em *o que* e *como* inserir os conhecimentos de NdC no ensino de Ciências, a proposta de Allchin foi a que mais se fundamentou por um olhar contemporâneo e mais abrangente, principalmente para os propósitos dessa pesquisa. Entretando, limitações nesse modelo também são observadas, por exemplo, a ausência de uma caracterização para cada uma das dez Dimensões de Confiabilidade da Ciência (DCC) e para as categorias epistêmicas que delas fazem parte, dificultando uma inserção didática no contexto de uma educação científica (Santos *et al.*, 2020; Santos, 2019).

Com base na preocupação em como os professores de Ciências utilizam essas abordagens em sala de aula, Moura (2020) enfatiza a necessidade dos docentes se apropriearem de forma crítica e reflexiva sobre as diferentes visões para inserir a NdC no ensino de Ciências, problematizando *o porquê* ensinar ciências e *a quem* se encaminham as diferentes propostas (visto que o contexto de abordagem deve ser levado em consideração).

Ademais, ao chamarmos atenção para o papel dos professores na compreensão e inserção dos conhecimentos de NdC, ainda são necessárias modificações e/ou a proposições de novas abordagens que se preocupem com a caracterização didática em detalhes dos aspectos que constituem a NdC. A seguir,

apresentamos uma proposta que possui um grande potencial em relação a esse apontamento.

2.2. O Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC) e suas Contribuições para Inserir Aspectos de Natureza da Ciência no Contexto de Ensino

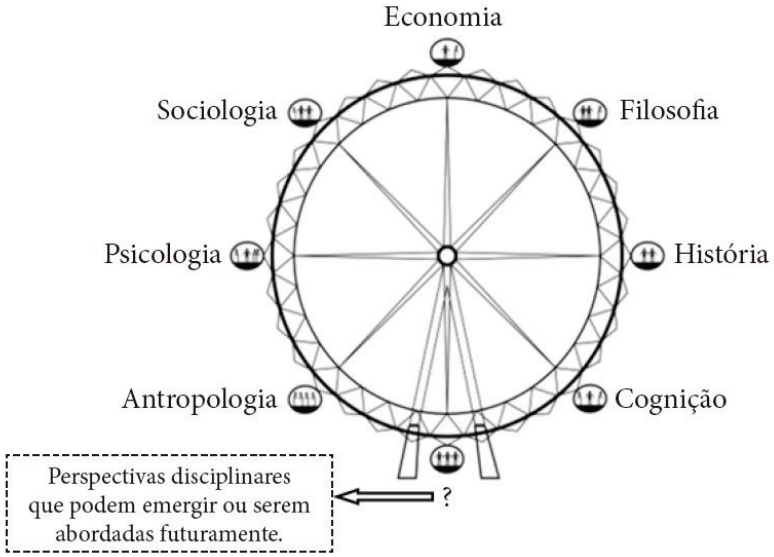
Em resumo, apresentamos reflexões sobre o consenso entre pesquisadores da área que enfatizam a importância de se introduzir NdC no contexto do ensino de Ciências, bem como sobre a importância de uma educação científica autêntica. Por outro lado, lacunas também foram identificadas no decorrer das discussões, por exemplo, as limitações dos intrumentos que buscam identificar e avaliar as concepções *sobre* Ciências, e a necessidade de um instrumento que seja acessível e aplicável pelos professores. Nesse contexto, Justi e Erduran (2015) desenvolveram o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC), na tentativa de sanar algumas dessas lacunas.

Com base nas visões de Justi e Erduran (2015), o MoCEC se constitui em dois princípios importantes. O primeiro deles leva em consideração que a Ciência é uma atividade complexa que envolve ações cognitivas, epistêmicas e sociais, caracterizadas por algumas perspectivas disciplinares. Em consonância, o segundo princípio afirma que a partir das evidências apresentadas pelas perspectivas disciplinares, é necessária a produção de argumentos *sobre* Ciências que promovam uma educação científica abrangente e autêntica o suficiente para um discurso da Ciência adequado ao processo de ensino e aprendizagem.

Sob o olhar do MoCEC, é possível identificar sete perspectivas disciplinares que caracterizam a Ciência, sendo elas: a (i) Filosofia da Ciência; (ii) Cognição da Ciência; (iii) História da Ciência; (iv) Sociologia da Ciência; (v) Economia da Ciência; (vi) Antropologia da Ciência; e (vii) Psicologia da Ciência. Nesse panorama, as autoras reconhecem a existência de outras orientações disciplinares que auxiliam na caracterização da Ciência, entretanto, enfatizam que a escolha dos princípios disciplinares se deram pelo fato de fornecerem diretrizes aos professores de ciências, em relação aos tipos de recursos que podem ser feitos às justificativas disciplinares *sobre* Ciência, ou seja, dependendo do contexto e dos objetivos de ensino, a Ciência

pode ser caracterizada do ponto de vista de uma ou mais disciplinas (Justi; Erduran, 2015). Tais disciplinas estão dispostas no modelo *Science Eye* (Figura 1), apresentado a seguir.

Figura 1 - Representação visual do MoCEC.



Fonte: Adaptado de Justi e Erduran (2015, p. 7, tradução nossa).

O modelo apresentado na Figura 1 foi construído da necessidade de trazer uma representação visual concreta, que facilitasse o olhar para a diversidade de perspectivas que os princípios disciplinares podem oferecer em conjunto. Desse modo, o MoCEC foi chamado de *Science Eye*, pois sua inspiração surgiu a partir de uma analogia feita com a *London Eye*, sendo esta uma das maiores rodas gigantes do mundo e um dos principais pontos turísticos da cidade de Londres.

A construção desse modelo analógico se fundamentou a partir de algumas observações: (i) assim como a visão ampla proporcionada pela *London Eye* da cidade de Londres, a Ciência também demanda de um ponto de vista mais amplo para ser contemplada; e (ii) assumindo que as cápsulas permitem visões diferentes sobre a cidade, no modelo elas representam as diferentes perspectivas disciplinares, e cada uma delas pode propiciar uma orientação diferente para o panorama da Ciência. Nesse sentido, a visão dos sujeitos da Ciência dependerá do ponto de vista (dentro ou fora das cápsulas), ou seja, uma visão por meio de uma disciplina ou pela integração de várias delas; da sua posição ocupada dentro da cápsula, se referindo ao que utiliza como base teórica para discutir uma disciplina; da sua mobilidade em

obter fontes variadas para auxiliar seus pensamentos; e da quantidade de sujeitos dentro da cápsula, atribuindo ao trabalho científico como sendo solitário ou coletivo.

Na Figura 1, se observa a existência de uma cápsula que contém um ponto de interrogação (?), indicando que uma ou mais perspectivas disciplinares podem surgir ou serem inseridas em contextos particulares que necessitem de seus recursos. Desse ponto de vista, as autoras deixam claro que o modelo em si permite que modificações aconteçam, tornando-o ainda mais dinâmico e flexível aos objetivos de sua utilização.

Baseado nas contribuições do MoCEC para a educação científica mais autêntica, Justi e Erduran (2015) afirman que o modelo traz uma representação que facilita a caracterização de NdC, bem como a compreensão dos processos de sua construção, visto que é uma representação visual, diferentemente das propostas discutidas anteriormente (aquelas discutidas em, Allchin, 2011; Irzik; Nola, 2011; Lederman, N. G. *et al.*, 2002; Matthews, 2012) que se apresentam apenas por meio de textos e listas.

Em 2020, houve a proposição de uma ampliação/reformulação para a versão original do MoCEC de Justi e Erduran (2015). Essa nova proposta se originou da dissertação de mestrado de Santos (2019), que teve como um dos objetivos identificar quais os aspectos de NdC que os estudantes manifestavam, quando estes se encontravam em atividades de modelagem sob a influência de três contextos distintos: (i) cotidiano, (ii) científico; e (iii) sociocientífico. Tendo em vista esse problema de pesquisa, Santos (2019) identificou a necessidade de adaptar o MoCEC de Justi e Erduran (2015) para conseguir identificar e caracterizar os aspectos de NdC levantados pelos estudantes.

Um ano após o trabalho de Santos (2019), houve a produção de uma nova publicação de natureza teórica (Santos *et al.*, 2020) que enfatizou com maior riqueza de detalhes as mudanças e ampliações necessárias para o MoCEC v.1 (Figura 1), originando uma nova versão do modelo (MoCEC v.2). Na visão de Santos, Maia e Justi (2020) uma das limitações observadas no modelo original diz respeito à falta de uma caracterização de cada um dos princípios disciplinares. Tal limitação dificulta a compreensão dos professores sobre os significados acerca de cada uma das

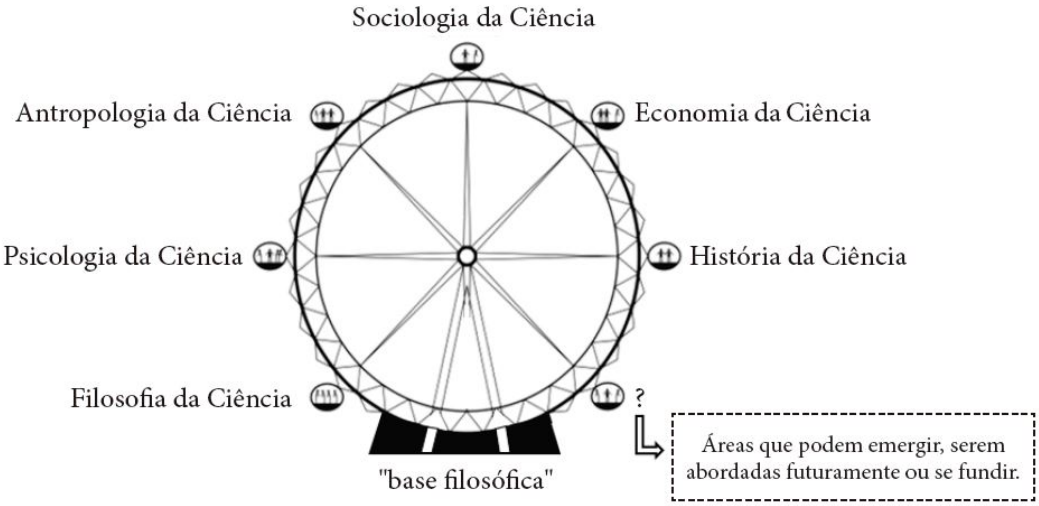
disciplinas. Portanto, baseadas nessa lacuna, as autoras se motivaram a ampliar o MoCEC v.1, visando sua instrumentalização tanto como suporte para inserção de aspectos de NdC em atividades de ensino quanto como ferramenta de análise de tais aspectos.

Com tal motivação, Santos, Maia e Justi (2020) propuseram sete pontos de ampliação no modelo original de Justi e Erduran (2015) para o MoCEC, sendo eles:

1. Inclusão do elemento “base filosófica”;
2. Substituição do termo “perspectivas disciplinares” por “áreas do conhecimento”;
3. Integração da área “Cognição da Ciência” com a área “Psicologia da Ciência”;
4. Ampliação do significado do ponto de interrogação (?);
5. Caracterização de cada área do conhecimento;
6. Proposição e caracterização de aspectos que constituem cada área do conhecimento; e
7. Alteração da representação visual do modelo (Santos *et al.*, 2020, p. 594).

A escolha de uma “base filosófica” se fez necessário, pois “a Filosofia é indispensável para a Ciência, uma vez que a mesma pode ajudar no entendimento das outras áreas” (Santos *et al.*, 2020, p. 592) proporcionando uma visão ampliada de cada uma delas. A alteração de “perspectivas disciplinares” para “áreas do conhecimento”, ocorreu por contribuir para uma ênfase na qual cada cápsula represente uma estrutura de conhecimentos mais ampla, com as suas constituintes subdivisões. E a junção da Cognição da Ciência dentro da Pscicologia da Ciência foi feita visando tornar funcional e extinguir a dificuldade que existe ao tentar delimitá-las (considerando que a área da Psicologia engloba, comumente, a perspectiva cognitivista). Essas alterações resultaram em uma versão atualizada para a representação visual do MoCEC, que se apresenta na Figura 2.

Figura 2 - Representação da segunda versão do MoCEC.



Fonte: Santos, Maia e Justi (2020, p. 594).

A partir da proposição dessa nova versão, da qual faremos uso, por possibilitar melhor compreensão sobre os aspectos que constituem as áreas do conhecimento de NdC, justamente por terem sido explicitados e caracterizados didaticamente. Logo, apresentamos a seguir as áreas do conhecimento e seus respectivos aspectos que foram expostos por Santos, Maia e Justi (2020, p. 595-601):

- **Filosofia da Ciência**: estuda o significado da Ciência, abrangendo o processo de construção do conhecimento científico (elaboração, comunicação, avaliação, revisão, validação e as práticas científicas e/ou epistêmicas envolvidas). Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: a (i) Epistemologia; (ii) Ética; e (iii) Lógica.
- **Pscicologia da Ciência**: é uma área que se preocupa com os processos mentais e o comportamento do indivíduo, ou seja, busca compreender como o cientista pensa durante a produção e uso do conhecimento científico. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Complexidade; (ii) Criatividade; (iii) Falibilidade; (iv) Incerteza; (v) Influência motivacional; (vi) Inteligência; (vii) Limitação; (viii) Não linearidade do pensamento; (ix) Objetividade; (x) Personalidade; (xi) Racionalidade; (xii) Representação; e (xiii) Subjetividade.
- **Antropologia da Ciência**: se concentra no estudo sobre o homem e a humanidade no sentido mais amplo. Além desse foco geral, na Ciência visa compreender as relações do homem com o conhecimento científico,

considerando que a produção deste é uma forma de ação social, e que o seu desenvolvimento é uma forma de produção cultural. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Incomensurabilidade e (ii) Influência cultural.

- **Sociologia da Ciência**: tem como principal objetivo, estudar como ocorre a produção do conhecimento científico sob o olhar das interações ocorridas entre os cientistas, enquanto pertencentes a uma sociedade. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Aceitabilidade; (ii) Credibilidade; (iii) Falibilidade; (iv) Incerteza; (v) Influência sociopolítica; e (vi) Interação entre cientistas.
- **Economia da Ciência:** é uma área que se concentra nos estudos sobre os impactos sofridos e/ou exercidos pela comercialização e mercantilização do conhecimento científico. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Acesso ao conhecimento; (ii) Aplicabilidade; (iii) Competitividade; (iv) Fonte de financiamento; (v) Investimento econômico; (vi) Produtividade; (vii) Publicidade; e (viii) Viabilidade.
- **História da Ciência:** busca compreender como o conhecimento científico se constroi e se modifica ao longo do tempo. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Influência histórica; (ii) Multiplicidade; (iii) Não linearidade; (iv) Progressividade; e (v) Provisoriedade.

Em resumo, observamos que, a partir de seus pressupostos teóricos e metodológicos, um dos objetivos que ressoam para ambas as versões do MoCEC é poder proporcionar uma visão abrangente da Ciência, instrumentalizando os professores para desenvolverem processos de ensino envolvendo NdC. Dada a natureza progressiva do conhecimento, o MoCEC v.2 também recebeu sugestões quanto à ampliação de suas áreas do conhecimento. A princípio, em um trabalho publicado nos anais do Congresso da *European Science Education Research Association* (ESERA), os autores Justi *et al.* (2021) discutiram a relevância da presença da comunicação como fundamental para o desenvolvimento e/ou uso do conhecimento científico. Para isso, desenvolveram um estudo teórico que foi marcado pela revisão e análise de trabalhos publicados nas últimas duas décadas que trouxeram contribuições para a NdC à luz da comunicação na Ciência.

Entre os trabalhos destacados, os autores apontam as contribuições apresentadas no modelo da “Semelhança Familiar” de Irzik e Nola (2011; 2014), que incluíram características envolvendo a aprovação social e a publicação das pesquisas por meio de revistas acadêmicas. Outro trabalho em destaque foi a proposta da “Ciência Integral” de Allchin (2011), ao incluir discussões que dizem respeito às etapas que são estabelecidas para que as pesquisas científicas sejam devidamente validadas e comunicadas.

Além desses autores, um dos trabalhos que utilizou o MoCEC v.2 e identificou a necessidade de inclusão da Comunicação da Ciência como uma área emergente foi uma pesquisa conduzida por Silva *et al.* (2022), que analisou as contribuições da minissérie Chernobyl para a introdução de conhecimentos de NdC. Neste trabalho, foram identificados eventos explícitos em que o papel da comunicação se torna crucial antes, durante e após o acidente, dado que todos os efeitos causados (distúrbios psicológicos severos, danos à saúde física e problemas sociais e econômicos permanentes) no contexto do acidente foram reconhecidos como falta de informação pública.

A Comunicação da Ciência desempenha um papel fundamental nos ambientes educacionais, fornecendo aos estudantes as ferramentas e recursos necessários para gerenciar as informações de maneira eficaz e avaliar sua credibilidade. Isso é particularmente relevante, uma vez que as informações impactam todas as áreas de nossas vidas. Estar atualizado com relação às informações não implica apenas em recebê-las, mas também em avaliá-las criticamente, considerando as diversas fontes de origem. Portanto, o desenvolvimento do pensamento crítico é essencial para que os indivíduos possam: (i) acessar informações de maneira competente e crítica, (ii) avaliar informações de forma eficiente e eficaz; e (iii) utilizar as informações com precisão, criatividade e ética (Höttecke; Allchin, 2020). Associando-se às discussões anteriores, a comunicação científica é uma dimensão crucial da Ciência que permeia todas as facetas das diversas comunidades científicas. Essas comunidades científicas mantêm a fluidez da produção, disseminação, credibilidade e confiabilidade dos conhecimentos gerados pelos cientistas (Nielsen, 2013).

Com base nesse contexto, uma das autoras principais do MoCEC v.2 conduziu uma nova pesquisa. Em seu estudo de doutorado, Santos (2023) explorou os

conhecimentos de NdC de futuros professores de Química que participaram de um processo formativo. Esse processo incluiu a vivência de teorias sobre esses conhecimentos, bem como a aplicação prática por meio de atividades que visavam a integração da NdC no ensino. Nesta tese, dados elucidativos corroboraram para que a autora considerasse a inclusão da Comunicação da Ciência como uma área emergente no MoCEC v.2. A partir disso, ela propôs a caracterização de alguns aspectos oriundos das observações manifestadas em sua pesquisa, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais aspectos que caracterizam a área Comunicação da Ciência.

Indivíduos	**Especialistas (cientistas)**	**Não especialistas (divulgadores científicos, jornalistas, funcionários e colaboradores de museus de Ciências)**	**Público em geral**
Objetivos	Construir, avaliar e validar conhecimentos científicos; persuadir seus pares; promover o pensamento crítico sobre Ciências e comunicação científica	Divulgar informações científicas visando favorecer compreensão geral, tomada de consciência, engajamento em debates sobre questões sociocientíficas	Popularizar informações científicas visando difundir noções gerais; favorecer o engajamento em debates sobre questões sociocientíficas
Papéis	Ser produtores e consumidores de conhecimentos científicos	Ser mediadores e consumidores de conhecimentos científicos	
Modos de comunicação	Linguagens técnicas: verbal; pictórica; simbólica e/ou matemática; recursos tecnológicos	Linguagens verbal e/ou pictórica; recursos tecnológicos	
Tipos de fontes	Periódicos; livros acadêmicos; comunicações e discussões em conferências científicas	Revistas de divulgação científica; livros não acadêmicos; mídias de informação; filmes; exposições; sites	Sites (principalmente os privados como blogs); mídias sociais
Garantia de confiabilidade	Informar se houve conflito de interesses; ocorrência de revisão por pares	Informar se houve conflito de interesses	Informar possível existência de algum viés de confirmação

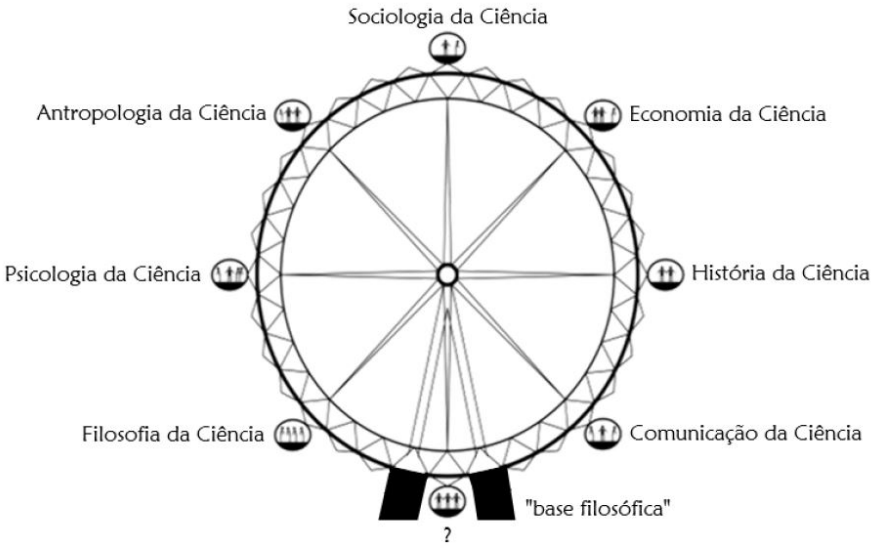
Fonte: Santos (2023, p. 231).

Outra característica alterada nesse contexto foi a denominação dada ao modelo, que agora passa a ser chamado de Modelo de Ciências para a Educação em Ciências. Portanto, essa alteração de acordo com a autora:

> [...] amplia tanto o significado do modelo quanto seu alcance porque se pensamos em ensino apenas, seu uso tende a se limitar a contextos regulares de ensino (escolas). Por outro lado, quando pensamos em educação, seu uso se amplia para outros contextos para além de escolas, como os espaços onde ocorrem divulgação científica, por exemplo, museus de Ciências (Santos, 2023, p. 232).

Por meio dessa apresentação teórica e prática, Santos (2023) propôs uma nova representação para o MoCEC, apresentada a seguir:

Figura 3 - Representação da terceira versão do MoCEC.



Fonte: Santos (2023, p. 232).

Para garantir a inclusão efetiva de NdC no ensino de Ciências, é essencial propor a análise de estratégias de ensino que abram caminho para esse objetivo. Optar por uma prática científica e/ou epistêmica que promova uma abordagem investigativa e que leve os estudantes a uma visão holística do conhecimento, pode enriquecer significativamente o seu aprendizado, contribuindo para uma alfabetização científica.

Nesse contexto, a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM) emerge como uma prática científica e/ou epistêmica capaz de facilitar a manifestação dos conhecimentos de NdC pelos estudantes, mobilizados pelos professores. No

decorrer do próximo tópico, apresentaremos discussões sobre a natureza dos modelos e as implicações da modelagem no ensino de Ciências, explorando os principais pressupostos teóricos que a fundamentam, de modo a traçar possibilidades de utilizá-la como precurssora das manifestações de NdC.

2.3. Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências

A exploração do dicionário Aurélio da língua portuguesa (2004) revela que a palavra “modelo” possui uma ampla gama de significados, abrangendo desde objetos usados para imitar algo, até modelos econômicos expressos por equações matemáticas. Essas definições ressaltam a versatilidade do termo, aplicado em várias áreas com interpretações diversas. Diante dessa constatação, a busca foi direcionada para o verbete “modelagem”. Uma das definições caracteriza a modelagem como o processo de construção de modelos, sendo também descrita como modelagem conceitual, identificada como a “etapa da análise de um sistema, na qual são definidos os recursos, itens de dados e suas relações”.

Pensar sobre os significados atribuídos aos modelos e à modelagem é um ponto de partida para refletir sobre o papel desses no ensino de Ciências. A produção de modelos envolve a interpretação de fenômenos e dados, bem como a geração de novos conhecimentos, sempre partindo das relações estabelecidas entre o conhecimento prévio do indivíduo e sua interação com o objeto de estudo. Isso implica a formulação de hipóteses, testes, avaliações e a comunicação dessas ideias por meio de diferentes modos de representação.

A evolução das reflexões sobre o papel dos modelos e da modelagem tem desempenhado um papel fundamental no campo da Educação em Ciências. No início dos estudos sobre o assunto, pesquisadores muitas vezes se baseavam na definição de Gilbert e Boulter (1993), que descreviam um modelo como uma representação parcial de um evento, objeto, ideia ou fenômeno a ser estudado. No entanto, definições mais recentes têm ampliado essa concepção.

Ainda não é possível estabelecer um foco de discussão específico com base em uma característica generalista, uma vez que abordagens de ensino como a modelagem, conforme proposta por Gilbert e Justi (2016), sugere que os modelos sejam considerados como artefatos epistêmicos, ou seja, ferramentas de

pensamento. Nesse contexto, modelos podem ser utilizados para propósitos que vão além da simples representação de entidades (Kunuuttila, 2005; Rost; Knuuttila, 2022). Portanto, a abordagem de modelos como artefatos epistêmicos abrange um significado mais amplo do que a visão apenas representativa (Santos, 2019).

Outros autores também contribuíram para essa evolução conceitual, enfatizando a natureza dinâmica e ativa dos modelos, que não apenas representam a realidade, mas também ajudam a estruturar o pensamento, a compreensão e a investigação científica (Rost; Knuuttila, 2022). Essa visão contemporânea dos modelos como artefatos epistêmicos tem implicações importantes para a forma como os modelos são usados no ensino de ciências, destacando a importância de envolver os estudantes na construção e na utilização de modelos como parte de uma abordagem autêntica de aprendizagem científica (Schriebl *et al.*, 2023).

Assim, compreender o papel dos modelos na Ciência implica em compreender seu papel e a evolução deles ao longo da história, o que ocorreu gradualmente, influenciado pelas características e particularidades de cada época (MEC, 2002). Dessa forma, o conhecimento científico depende da utilização constante de modelos, que podem se tornar mais sofisticados ao longo do tempo, para interpretar os fenômenos com os quais lidamos cotidianamente. Nesse contexto, Maia e Justi (2008b) oferecem a seguinte reflexão:

> A compreensão dos processos de produção de conhecimento e dos modelos elaborados nesses processos é necessária para a produção de um aprendizado significativo, isto é, um aprendizado no qual o aluno estabeleça relações entre o que está aprendendo e o que já sabe e que favoreça a transposição de um dado conhecimento para outros problemas e situações (p. 33).

Documentos norteadores ressaltam a importância dos modelos no processo de aprendizagem, enfatizando a necessidade de estabelecer conexões significativas entre o conteúdo ensinado na escola e as situações do cotidiano. De acordo com as orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), os estudantes devem desenvolver competências relacionadas ao uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos no contexto do ensino de Química. Portanto, o objetivo é capacitar os estudantes a “reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos” (MEC, 2002, p. 91). Isso significa que o ensino de Química

busca fornecer as ferramentas necessárias para que os estudantes possam aplicar o conhecimento científico em diversos contextos e compreender como ele se relaciona com o mundo ao seu redor.

Ao analisar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento normativo recente na educação brasileira, fica evidente que a concepção de modelos nesse documento ainda não acompanha plenamente as discussões e referências que destacam sua utilização. A BNCC tende a abordar modelos de forma limitada, tratando-os principalmente como instrumentos de representação. Entretanto, no campo da Educação em Ciências, a compreensão de modelos é muito ampla e multifacetada do que essa visão restrita.

Essa percepção fica evidente quando examinamos a terceira competência da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC. Nessa competência, é enfatizado a necessidade de os estudantes avaliarem e aplicarem conhecimentos científicos para resolver problemas em níveis local, regional e global, fazendo uso da linguagem específica do campo da Ciência (Mec, 2018). No entanto, ao analisar as habilidades associadas a essa competência, observamos que apenas uma delas menciona explicitamente o uso de modelos explicativos como parte do processo, de acordo com a habilidade descrita:

> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Mec, 2018, p. 545).

Isso implica que, embora a BNCC reconheça a importância dos modelos, ainda não incorpora plenamente a visão deles como ferramentas de pensamento e, portanto, como artefatos epistêmicos. Com base na descrição dessa habilidade, o documento não contribui para direcionar o ensino de forma que os estudantes tenham a oportunidade não só de construírem e utilizarem modelos, mas vivenciarem situações análogas ao que se faz dentro da Ciência. Embasados nesse ponto de vista, Mozzer e Justi (2018) enfatizam que essa visão de modelos com utilidade única de representar algo, tem sido criticada por alguns autores, uma vez que limita o reconhecimento dos significados desse “algo” e, por conseguinte, os modos e caminhos para representá-lo.

Com foco no processo de construção do conhecimento científico, pensar na natureza da modelagem é fundamental para compreendermos sua eficácia enquanto prática científica e/ou epistêmica. A primeira se fundamenta nas ideias de Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017), quando exemplificam que tais práticas estão diretamente associadas à argumentação e processos investigativos. Essa afirmação vai ao encontro com as ideias de Hodson (2014a), ao descrever essas práticas como sendo capazes de oportunizarem aos estudantes o desenvolvimento de habilidades relacionadas à construção de conhecimentos científicos. Ancorados nas ideias de Hodson (2014a), Gilbert e Justi (2016) discutem como a ECFM pode contribuir para a alfabetização científica, relacionando a potencialidade da modelagem para (i) *aprender Ciências*, entendendo aqui o papel que a modelagem possui no desenvolvimento do conhecimento científico; (ii) *fazer Ciência*, uma vez que os modelos e o processo de modelagem permitem a vivência em práticas que se assemelham àquelas que os cientistas desenvolvem na Ciência; (iii) *aprender sobre Ciência*, pois permite o entendimento mais amplo sobre a natureza do conhecimento científico; e (iv) *aprender a aplicar questões sociocientíficas*, dada a autenticidade que a modelagem pode proporcionar aos contextos em que ela será inserida na busca pela compreensão de um fenômeno ou questão sociocientífica.

Essa associação da modelagem como prática científica também se justifica pelas características envolvendo a coleta e análise de dados, que podem ser oriundas de testes mentais ou empíricos; o desenvolvimento de argumentos e explicações a partir do uso de modelos e teorias; avaliação e posicionamento críticos frente aos propósitos que os modelos visam alcançar (Osborne, 2011). Entretanto, ao mesmo tempo em que essas premissas são discutidas nas pesquisas em Educação em Ciências, outros pesquisadores também enfatizam a necessidade de pensar no papel que os modelos e o processo de modelagem assumem como ferramenta de pensamento, ou seja, atribuem à sua natureza uma visão de prática epistêmica.

Nesse caminho, alguns pesquisadores buscam apresentar as contribuições que os modelos e a modelagem fornecem enquanto práticas epistêmicas. De acordo com as investigações de Rost e Knuuttila (2022), não é possível dissociarmos as duas naturezas que esse processo apresenta, pois compreender o papel dos modelos como representações dentro do campo da Ciência é algo fundamental. Contudo, tratar esse processo como uma abordagem artefactual é centrar as discussões em como os

modelos fornecem “acesso às questões empíricas e teóricas nas quais os cientistas estão interessados” (Rost; Knuuttila, 2022, p. 10).

Nesse contexto, é fundamental compreender que modelos têm objetivos específicos em sua elaboração. Um dos principais propósitos dos modelos é facilitar a visualização e a compreensão de conceitos, muitas vezes abstratos. Por exemplo, o “modelo cinético-molecular” é um tipo de modelo usado no ensino de Ciências com o objetivo de ajudar os estudantes a compreender que as partículas em substâncias interagem entre si e que a formação de uma nova substância resulta da combinação de diferentes tipos de partículas (Romanelli *et al.*, 2007). Ao mesmo tempo, é importante ressaltar que um modelo não é uma cópia exata da realidade (Maia; Justi, 2008b).

A elaboração de modelos envolve uma abordagem interpretativa, na qual as pessoas que criam os modelos selecionam os aspectos que consideram mais relevantes e os traduzem de maneira a facilitar a compreensão. Portanto, os modelos são construções que refletem uma perspectiva específica e são usados para cumprir determinados objetivos pedagógicos. Eles desempenham um papel importante no ensino de Ciências, permitindo que os estudantes explorem conceitos e fenômenos de uma maneira mais concreta e tangível, mesmo quando se trata de conceitos abstratos.

O ensino tradicional, que frequentemente se baseia na memorização de inúmeros conhecimentos desvinculados da realidade, pode levar a um processo de aprendizagem enfadonho e desmotivador. Isso ocorre porque os estudantes raramente participam de atividades que se assemelham às práticas reais da Ciência. Como resultado, eles têm pouca compreensão de como o conhecimento científico é realmente produzido. Isso pode levar à ideia errônea de que a Ciência é estática, dependente de informações que se baseiam na memorização e consiste em verdades absolutas baseadas em conhecimento pré-estabelecido.

Buscando minimizar esses entraves, as atividades envolvendo a elaboração de modelos e o processo de modelagem podem contribuir de forma significativa para um processo de aprendizagem que valorize a compreensão de conceitos abstratos, elaboração de uma estrutura que reorganize os conhecimentos pré-existentes em uma ‘rede’ que permita a abrangência e o aprimoramento das concepções de um determinado fenômeno. Tais atividades mencionadas se baseiam nas perspectivas

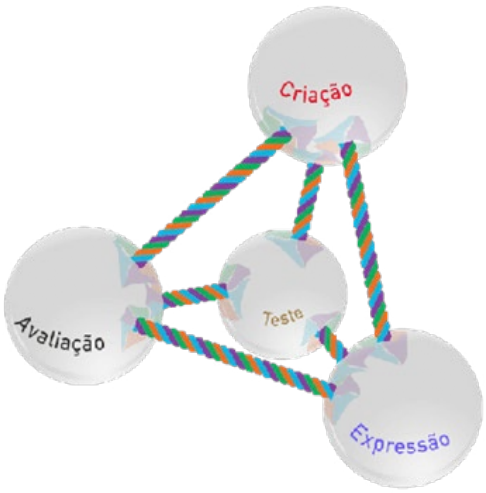
psicológicas e filosóficas de Gilbert e Justi (2016) para o processo de modelagem. Nessa perspectiva – á qual o presente trabalho se alinha – os autores assumem que modelagem é um processo cíclico, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico. Segundo os autores, esse processo é constituído de quatro etapas principais: (i) *criação*; (ii) *expressão*; (iii) *teste*; e (iv) *avaliação*.

Algumas pesquisas (Maia; Justi, 2009b; Mendonça, 2009; Mendonça; Justi, 2009; Mozzer, 2013; Santos, 2019; Silva; Maia, 2020; Souza; Justi, 2011) ao longo dos últimos anos, consideraram o termo Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) mais apropriado aos seus contextos de investigação, uma vez que tais trabalhos se dedicaram a investigar o aprendizado dos estudantes em contextos reais de sala de aula, empregando práticas de ensino centradas na modelagem. Complementando essas visões, nesta discussão consideramos a ideia de Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM) que foi elucidada por Oliveira (2022), ao desenvolver em sua tese de doutorado um estudo voltado para a compreensão dos conhecimentos pedagógicos de conteúdo de uma professora de Química no desenvolvimento de atividades baseadas em modelagem. No contexto do trabalho de Oliveira, o pesquisador elencou três pontos que o fizeram propor essa nomenclatura para o processo em si. A primeira delas diz respeito à amplitude que o termo apresenta quando associado a outros que são utilizados na literatura, como o próprio referencial que adotamos nestes trabalho (Gilbert; Justi, 2016). O segundo ponto enfatiza a importância do termo “educação” em permitir que a modelagem possa ser inserida em contextos variados e de diferentes amplitudes. O último e não menos importante, determina que “a palavra *Científica* auxilia na diferenciação entre a modelagem nas Ciências Naturais e, por exemplo, a Modelagem Matemática” (Oliveira, 2022, p. 19).

Além disso, o processo de modelagem representado pelo Diagrama Modelo de Modelagem v.2 (DMM) de Gilbert e Justi (2016) (Figura 4), permite que os estudantes elaborem e testem suas teorias atribuídas ao modelo construído e percebam a complexidade envolvida no desenvolvimento e nas próprias limitações que a construção de conhecimentos traz consigo. Esse é um processo investigativo que exige do estudante um envolvimento ativo no aprimoramento de sua argumentação diante de um problema apresentado, de sua criatividade em elaborar a representação para um dado fenômeno ou processo, na busca e seleção por informações e dados que tornem suas teorias ainda mais abrangentes, bem como na colaboração de um

trabalho que torna o processo ainda mais eficaz quando realizado em grupos de pessoas.

Figura 4 - Diagrama Modelo de Modelagem v.2 (DMM).



Fonte: Gilbert e Justi (2016, p. 36, tradução nossa).

De acordo com Gilbert e Justi (2016), a criação de um modelo consiste na primeira etapa do processo de modelagem, que se inicia com a busca pelos objetivos, a partir do qual o modelo será proposto para explicar ou investigar um fenômeno em estudo, se limitando aos aspectos que são abordados. Consequentemente, os estudantes elaboram um modelo mental por meio de uma previsão, utilizando conceitos e/ou experiências prévias com a entidade em estudo, ou até mesmo por meio de novos dados obtidos por outras fontes externas. Nesse sentido, a elaboração de um modelo mental pode ser estabelecida por dados teóricos ou empíricos que contribuam com sua construção.

Ao final da elaboração do modelo mental é importante que haja a decisão de qual tipo de expressão será realizada, pois o modelo só pode ser acessado pelo indivíduo que o produz. Essa segunda etapa pode ser realizada em quaisquer modalidades de representação: concreto (3D), por meio de desenhos, pelo uso de softwares computacionais, por representações matemáticas, pelo uso verbal, gestual ou pela combinação desses.

Após a expressão do modelo, este deve passar pela etapa de teste. Tais testes podem ser empíricos ou mentais, de modo que a seleção de um tipo adequado de teste dependa principalmente da entidade que está sendo modelada e dos recursos

disponíveis, visando a realização de testes empíricos, quando este for o caso. Fundamentados nesses aspectos, caso o modelo não seja aprovado nos testes, é necessário, que haja uma modificação em suas teorias ou em sua estrutura, com o intuito de reintegrá-lo no ciclo da modelagem. Também pode haver a rejeição completa do modelo após o teste, ocasionando uma nova criação de um modelo mental, a expressão em algum tipo de representação e novamente ser testado para posterior avaliação.

Por fim, após a obtenção de um modelo coerente com o fenômeno em estudo, o modelo passa pela última etapa, a de avaliação, correspondendo a uma socialização para um grupo de pessoas, que realizarão a validação ou não do seu poder de predição e/ou explicação, por meio do reconhecimento de sua aplicação em situações distintas e abrangentes, bem como de uma análise das limitações que o modelo possui.

Gilbert e Justi (2016) representam as arestas do tetraedro por cordas constituídas por quatro fios de cores distintas e retorcidos. Essas cordas simbolizam os quatro principais processos cognitivos que permeiam o processo de modelagem: a realização de experimentos mentais; a argumentação; a criação de representações imagéticas; e o uso do raciocínio analógico. Além disso, a conexão das esferas de cada vértice e o entrelaçamento das cordas indicam que esses processos cognitivos podem ocorrer em todas as fases do processo. Os autores desse modelo argumentam que os experimentos mentais, embora sejam predominantemente realizados na etapa de *teste* de um modelo, também podem ocorrer nas outras etapas da modelagem. Na fase de *criação*, eles podem acontecer quando são estabelecidas relações entre as informações. Na etapa de *expressão*, durante a análise da adequação dos modos de representação utilizados. Na etapa de *avaliação*, durante a análise do comportamento do modelo em um contexto diferente.

Gilbert e Justi (2016) destacam, ainda, uma série de habilidades requeridas e/ou desenvolvidas em cada uma dessas etapas, como: (i) observação; (ii) levantamento de hipóteses; (iii) planejamento e condução de testes; (iv) controle de variáveis; (v) comunicação de ideias; (vi) elaboração de previsões; (vii) argumentação, entre outras. Isso enfatiza as possibilidades que um EFM pode gerar para o conhecimento de práticas científicas de forma autêntica.

Entretanto, quando olhamos para os professores de Ciências, observamos que eles não têm sido explicitamente instrumentalizados com conhecimentos e habilidades adequadas para ensinar a partir de uma perspectiva que está focada na compreensão de NdC por parte dos alunos, nem das práticas epistêmicas que são essenciais para a construção do conhecimento científico (Justi; Van Driel, 2005). Logo, compreender as bases dos conhecimentos dos professores é necessário para que possamos desenvolver abordagens abrangentes que subsidiem a formação destes profissionais.

Considerando essas reflexões, é fundamental perceber que o EFM está intimamente ligado ao desenvolvimento de habilidades metacognitivas (Schwarz; White, 2005), uma vez que todo o processo de construção dos modelos deve ser autorregulado pelos estudantes, de forma a compreenderem os objetivos do processo, ações requeridas, alcances e limitações de seus modelos. Habilidades metacognitivas capacitam os estudantes a compreender tanto a natureza e a utilidade dos modelos científicos quanto o processo pelo qual eles foram desenvolvidos, testados e revisados (White; Frederiksen, 2000). Dessa forma, os estudantes adquirem uma compreensão mais profunda do processo de *fazer Ciência*, que envolve o metaconhecimento e as habilidades metacognitivas (Justi; Maia, 2009; Maia; Justi, 2009a), isso é, fomenta o desenvolvimento de conhecimentos de NdC.

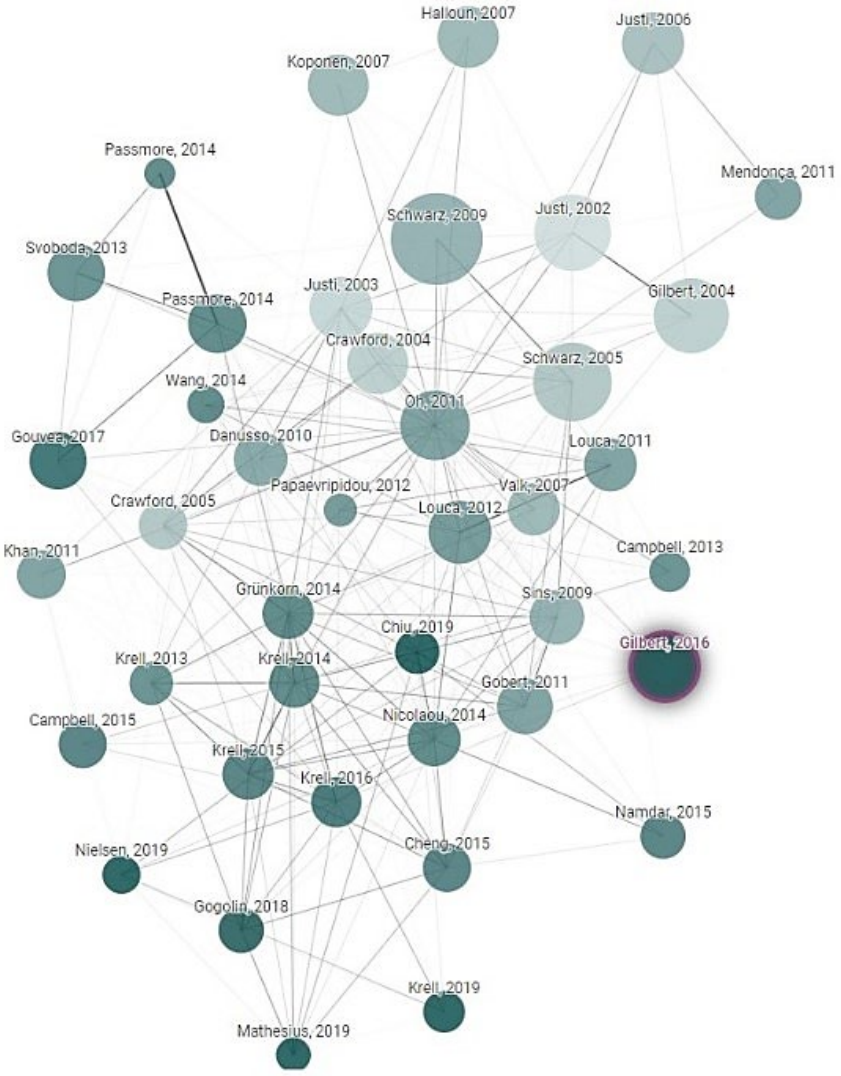
Observa-se que as pesquisas sobre modelos e modelagem no ensino de Ciências, focadas nessa abordagem de ensino, são mais difundidas fora do Brasil (por exemplo, ver em Böschl *et al.*, 2023; Göhner; Krell, 2022; Rost; Knuuttila, 2022; Schriebl *et al.*, 2023; Winkelmann, 2023). Entretanto, o DMM v.2, uma ferramenta voltada para o desenvolvimento de práticas autênticas em sala de aula de Ciências, não tem sido comumente utilizado em pesquisas estrangeiras. Assim, ao buscar estudos que aplicam essa abordagem de ensino, as investigações concentram-se principalmente no grupo de pesquisa REAGIR – modelagem e educação em ciências, que, ao longo das últimas décadas, tem se dedicado a analisar as contribuições do EFM para a formação de professores e a alfabetização científica dos estudantes.

Além disso, outras pesquisas estabelecem correlações que aprimoram o processo de modelagem quando combinado a outras estratégias de ensino com bases epistêmicas. Porém, mesmo com as contribuições valiosas desse grupo de pesquisadores brasileiros, essa abordagem não tem encontrado ecos significativos

em território nacional, dificultando sua disseminação nos diversos contextos de ensino no Brasil. Portanto, torna-se importante compreendermos como esses trabalhos se desenvolveram nos campos da pesquisa e da prática profissional docente de modo a favorecer a consolidação da alfabetização científica de estudantes. A Figura 5 apresenta uma representação visual dos principais trabalhos associados às visões presentes em Gilbert e Justi (2016), gerado a partir da plataforma on-line *Connected Papers*[4]. É possível observar que a maioria das pesquisas relacionadas é proveniente de pesquisadores estrangeiros. Nessa representação, cada nó corresponde a um artigo acadêmico relacionado ao artigo de origem. Tais artigos são organizados de acordo com sua semelhança em relação às ideias que apresentam assim não se trata de uma árvore de citações, uma vez que os textos podem estar relacionados sem necessariamente conterem citações diretas do artigo de origem. Os nós são coloridos de acordo com o ano de publicação dos artigos, e os dados da imagem foram coletados no período de 2002 a 2019. O período em questão é o tempo máximo que o programa conseguiu buscar em seu banco de dados essa relação. Os artigos que compartilham semelhanças notáveis têm conexões mais fortes e tendem a se agrupar de forma mais evidente.

[4] *Connected Papers* é uma ferramenta visual exclusiva para ajudar pesquisadores e cientistas a encontrar e explorar artigos relevantes para sua área de trabalho. Acesso em: https://www.connectedpapers.com/.

Figura 5 - Esquema representacional dos trabalhos que mais estão associados às contribuições de Gilbert e Justi (2016).



Fonte: Próprio autor, elaborado com o auxílio do *Connected Papers*.

Ao analisarmos alguns trabalhos empregados por estudos recentes conduzidos e ancorados nos referenciais de modelagem, observamos que algumas práticas de modelagem têm sido voltadas para o ensino de conhecimentos científicos curriculares específicos, como: equilíbrio químico (Maia; Justi, 2009b), ligações químicas iônicas (Mendonça, 2009; Mendonça; Justi, 2009), interações intermoleculares e solubilidade (Mozzer, 2013; Silva; Maia, 2020), termoquímica (Souza; Justi, 2011). A maioria desses trabalhos tem sido conduzida em contextos reais de sala de aula e tem destacado a contribuição dessa prática para além do desenvolvimento do conhecimento sobre conceitos, à medida que esses trabalhos têm identificado o desenvolvimento de diversas habilidades associadas à prática científica e

visualização. Um trabalho mais recente destaca, ainda, a potencialidade do EFM para a promoção da argumentação no ensino de Ciências (Ibraim; Justi, 2018).

Tais trabalhos têm seus desenhos metodológicos e suas análises no desenvolvimento dos conceitos e de tais habilidades, não sendo foco deles a análise de como os conhecimentos *sobre* Ciências foram desenvolvidos pelos estudantes a partir de tais práticas. Além disso, todos os pesquisadores são integrantes do grupo de pesquisa REAGIR, evidenciando a centralidade das investigações a esse grupo de cientistas no campo acadêmico brasileiro.

Compreendendo a comparação entre as ideias de Justi e Gilbert (2002) e Justi (2006) e outros autores, como Clement (2000; 2022) e Wells *et al.* (1995), notamos que o referencial de Gilbert e Justi (2016) fornece uma abordagem mais detalhada do processo de modelagem. Eles introduzem etapas adicionais, como a *expressão* e a *avaliação*, bem como sub-etapas dentro de todas as etapas do processo. Essas sub-etapas podem incluir atividades como definição de objetivos, obtenção de informações, seleção de bases e transposição do modelo interno para o modo expresso, levando em consideração limitações e recursos disponíveis (Santos, 2019).

Essa abordagem detalhada torna explícitas as relações entre as etapas e sub-etapas, fornecendo uma estrutura mais sólida para professores interessados em propor, desenvolver e conduzir atividades com base no EFM. Essa clareza nas descrições é fundamental para orientar os educadores, diferenciando esse referencial em relação ao processo de modelagem (Santos, 2019).

Há evidências de que a vivência no processo de modelagem contribui para o desenvolvimento do conhecimento sobre modelos em Ciências, incluindo suas propriedades, processos de construção e validação (Maia, 2009; Maia; Justi, 2009a). Para que os estudantes se envolvam em atividades de investigação científica, com ênfase na compreensão de NdC, é fundamental que seus professores projetem e orientem adequadamente tais atividades. Alguns trabalhos, como o de Santos (2019), exploraram a modelagem como uma abordagem para integrar a NdC no ensino de Ciências. Oliveira (2022), também contribui fundamentalmente para o campo das interações envolvidas em contextos fundamentados em modelagem, buscando a compreensão nos modos em que o professor planeja suas conduções baseadas nessa abordagem de ensino. Contudo, não se tem registros de pesquisas que tenham investigado como os professores mobilizam ações que incluam a NdC no EFM.

É notável que, em âmbito global, os professores de Ciências frequentemente carecem de preparação adequada em termos de conhecimentos (de conteúdo e/ou pedagógico de conteúdo) e habilidades para ensinar com foco na compreensão dos estudantes sobre NdC (Justi; Van Driel, 2005). Mesmo os professores altamente qualificados muitas vezes demonstram ter conhecimentos limitados sobre os processos de investigação científica e a própria NdC (Capps; Crawford, 2013). Embora algumas pesquisas tenham alcançado sucesso ao promover a aprendizagem dos professores sobre investigação científica e NdC, esses mesmos trabalhos apontam desafios relacionados à capacidade desses profissionais em conduzir atividades e discussões em sala de aula centradas nesse tema (Schwartz *et al.*, 2004).

Baseados nas reflexões anteriores, o desempenho do Brasil nas avaliações internacionais, como o *Programme for International Student Assessment* (PISA) na área de Ciências, tem revelado um cenário preocupante. O país tem ocupado posições desfavoráveis em todas as edições dessas avaliações, indicando falhas no desenvolvimento de conhecimentos e habilidades científicas. Por exemplo, na avaliação de 2018, o Brasil ficou em 54º lugar entre 65 países participantes, com um baixo percentual de estudantes com desempenho considerado elevado (1%), ou seja, capazes de aplicar o conhecimento científico em situações cotidianas (Idoeta, 2019). Esses resultados revelam que o ensino atual não tem cumprido os objetivos preconizados pelos documentos oficiais que orientam a educação no Brasil há mais de 15 anos (MEC, 1999; 2002; 2018) e pelos apontamentos de pesquisas na área de Educação em Ciências, que buscam o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes.

O entendimento dos desafios enfrentados pela educação em Ciências no Brasil nos leva a considerar os caminhos que podem atenuar esses entraves. No decorrer deste estudo, exploraremos como as práticas de professores em atividades envolvendo ECFM e a NdC podem influenciar um ensino que amplie a compreensão dos estudantes sobre Ciências e seus processos de construção.

3. OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA

Na medida em que tomamos conhecimento da relevância da ECFM, podemos perceber que existem barreiras extensas decorrentes da ausência explícita de conhecimentos de NdC nos currículos de orientações a formação dos estudantes; além disso, não há orientações nos documentos brasileiros sobre “o que” e “como” inserir tais conhecimentos. Mesmo em relação aos trabalhos de pesquisa, há um número reduzido desses que relatam atividades de ensino que buscam inserir os estudantes na construção ou reflexão de processos análogos ao dos cientistas durante o processo de construção do conhecimento.

Nesse contexto, temos como objetivo dessa pesquisa:

i. Analisar como as ações empregadas por professores contribuem para a manifestação de conhecimentos de Natureza da Ciência em atividades fundamentadas em modelagem.

Dessa forma, essa pesquisa buscou analisar como as interações promovidas pelas professoras, ao longo do desenvolvimento de atividades pautadas na ECFM, desencadearam manifestações dos estudantes sobre o processo de construção do conhecimento científico, no geral, ou sobre o processo de modelagem vivenciado por eles. Assim, buscamos compreender, identificar e explicar de que maneira essas professoras se apropriaram de determinadas ações (estratégias didáticas e/ou ferramentas de ensino) em sala de aula que favoreceram a manifestação dos estudantes quanto às visões de NdC e modelagem. Para alcançar o objetivo colocado, buscamos responder à seguinte questão de pesquisa (QP):

- Quais ações/interações empregadas por professoras de Química levam à manifestação de conhecimentos de Natureza da Ciência pelos estudantes, em um contexto de ensino fundamentado em modelagem?

Em consonância com esse objetivo, apresentamos um produto educacional como resultado desse trabalho (originado a partir das conclusões e reflexões dessa pesquisa), que contempla de maneira explícita a reflexão sobre conhecimentos de NdC, a partir de uma atividade de ensino envolvendo modelagem, abordando o fenômeno da dissolução.

Esse produto consiste em uma sequência didática baseada na ECFM, com o objetivo de favorecer o ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos curriculares relacionados ao fenômeno da dissolução em contexto científico, bem como a inserção de questões metacientíficas que orientem os professores na condução das atividades e na promoção da alfabetização científica com o desenvolvimento de conhecimentos de NdC. Dessa forma, além do desenvolvimento conceitual sobre dissolução, tal sequência visa favorecer a reflexão por parte dos estudantes sobre o processo de construção do conhecimento científico.

4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Nesse tópico apresentamos os elementos e instrumentos que auxiliaram nos caminhos adotados para responder à QP.

4.1. Tipologia da pesquisa

A abordagem metodológica selecionada para esta pesquisa se fundamenta nas concepções da pesquisa qualitativa, que é apontada por Hammersley (2013) como sendo:

> [...] uma forma de investigação que tende a adotar um projeto de pesquisa flexível e baseado em dados, para usar dados relativamente não estruturados, para enfatizar o papel essencial da subjetividade no processo de pesquisa, para estudar uma série de casos naturais em detalhes e para usar formas de abordagem verbais em vez de estatísticas (p. 12).

A opção pela abordagem qualitativa nessa pesquisa deve-se à possibilidade de maior imersão na compreensão das ações e significados atribuídos pelos sujeitos envolvidos, pois é importante que haja uma interpretação das dimensões que influenciam as narrativas e observações dos contextos dos sujeitos (Gonzalez *et al.*, 2008). Alinhados a essa visão, Cohen, Manion e Morrison (2018) trazem à tona a pesquisa qualitativa como ponto de partida que considera as pessoas como seres criadores de significado, justamente por atuarem como protagonistas dessa construção com base na situação em que elas se encontram, dando sentido e agindo em seu mundo. Portanto, os participantes dessa pesquisa foram considerados com tais aspectos que suscitam a criatividade, a intencionalidade, as ações e as interações constantes que fizeram parte do processo.

É amplamente enfatizado por esses autores (Cohen *et al.*, 2018; Gonzalez *et al.*, 2008; Hammersley, 2013; ver também Tracy, 2010; Yin, 2016) o papel do contexto dos sujeitos envolvidos na pesquisa ao influenciar diretamente nas múltiplas interpretações de eventos em uma coleta de dados. Essa reflexão é fundamental para nossa pesquisa, visto que as realidades são múltiplas e construídas de maneira holística, fazendo com que tenhamos a necessidade de compreender que “pessoas, situações, eventos são únicos e têm significado conferidos a elas em vez de possuírem seu próprio significado intrínseco” (Cohen *et al.*, 2018, p. 288).

Ainda do ponto de vista da pesquisa qualitativa, “os dados são socialmente situados, relacionados ao contexto, dependentes do contexto e ricos em contexto” (Cohen *et al.*, 2018, p. 288). Assim, buscamos compreender o contexto de maneira holística, pois todo o processo influencia na produção de significados, tanto (i) ao buscar evidências das influências das atividades de modelagem nos conhecimentos dos estudantes *sobre* Ciências, quanto (ii) de maneira específica na caracterização das ações das professoras durante a condução nas estratégias fundamentadas em modelagem e suas consequências na manifestação de aspectos de NdC pelos estudantes. Essa forma de entendermos os eventos investigados é importante, visto que toda e qualquer mobilização de abordagens e/ou estratégias de ensino “podem afetar o comportamento e as perspectivas dos sujeitos envolvidos” (Cohen *et al.*, 2018, p. 288).

Isto posto, esta pesquisa de caráter qualitativo suscitou alguns princípios complementares que são apontados por Bogdan e Biklen (1994). Tais princípios estão relacionados a: (i) uma investigação descritiva, de modo a explicitar o processo e as interações estabelecidas e (ii) os dados são analisados de forma indutiva, pois a teoria emerge ao longo da investigação e não de maneira pré-ordenada.

Essas reflexões nos sustentaram na busca de uma solução clara e descritiva da questão problematizada para esse trabalho, pois o que cada sujeito de pesquisa produz e atribui como significado durante todo o processo é muito relevante. O detalhamento apresentado a seguir estabelece critérios essenciais para a manutenção da confiabilidade dessa pesquisa e das conclusões que dela surgiram. Esses critérios podem ser associados às ideias de Tracy (2010), ao conferir à pesquisa qualitativa: (i) *validade e contribuições*, no sentido de contribuir com novas perspectivas teórico e práticas para a área de estudo; (ii) o *rigor* da análise e transparência dos dados, para que possam apoiar as afirmações e os fundamentos teóricos; (iii) a *sinceridade* na apresentação das nuances que interferiram na execução e/ou reflexões da pesquisa; (iv) a *credibilidade* na construção de uma descrição que tenha passado por um processo de triangulação entre os pares; e (v) a *ética* nos procedimentos e nos cuidados com os sujeitos da pesquisa. Esses critérios estarão inseridos nos tópicos seguintes.

4.2. Contexto da pesquisa

A presente pesquisa caminhou com alguns desafios, principalmente no contexto da coleta de dados, já que foi consolidada ao longo do ano de 2020, junto do cenário da pandemia da COVID-19, na qual o distanciamento social se tornou prioridade, impossibilitando uma intervenção presencial nas instituições de ensino. De modo a superarmos esses desafios, mantendo a confiabilidade e o foco em nossos propósitos de investigação, trabalhamos com dados previamente coletados em um contexto de pesquisa de um projeto mais amplo, do Grupo de Pesquisa REAGIR, do qual faço parte. O projeto intitulado “Contribuições do Ensino Fundamentado em Modelagem para a Aprendizagem *sobre* Ciências, o Desenvolvimento do Raciocínio Argumentativo de Estudantes e o Desenvolvimento de Conhecimentos e Habilidades Docentes”, foi coordenado pela Professora Doutora Rosária Justi, aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos sob o número CAAE: 66805717.8.0000.5149.

Neste projeto, as intervenções realizadas foram elaboradas e desenvolvidas pelos pesquisadores do grupo em uma escola pública da rede federal, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, envolvendo 13 estudantes do 3º ano do ensino médio e técnico, com faixa etária de 16 a 18 anos.

Considerando a disponibilidade de dados ainda não analisados, e por esses contemplarem a elaboração e aplicação de atividades fundamentadas em modelagem na perspectiva de introduzir conhecimentos *sobre* Ciências – interesse principal do pesquisador –, esse tornou-se o contexto analisado nessa pesquisa.

4.3. Contexto de coleta e participantes

O processo de coleta de dados ocorreu ao longo do ano de 2017 e as atividades fundamentadas em modelagem foram aplicadas no contraturno de aulas do ensino médio. Todos os alunos do 3º ano foram convidados a participar voluntariamente das atividades do curso, sendo a divulgação dele realizada pelas pesquisadoras e pelas professoras de Química das turmas. As atividades conduzidas na pesquisa não eram vinculadas ao programa do ensino médio e foi esclarecido aos estudantes que não haveria qualquer implicação para eles no ensino regular. Uma forma de engajá-los a participarem das intervenções no contraturno, foi através de um convite feito pela

divulgação da pesquisa como sendo um curso relacionado à temática “plásticos” e com certificação ao final das atividades.

Para participar das atividades, os estudantes tiveram que fazer uma inscrição prévia, com a entrega do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, devidamente assinado por eles e pelos responsáveis, respectivamente. A inscrição ocorreu para que não fosse ultrapassado o número de 24 estudantes, atendendo o critério de ordem de inscrição, uma vez que a coleta de dados havia sido delineada para esse número máximo de participantes. Inscreveram-se 13 estudantes, contudo foram frequentes nas atividades apenas 10. Cabe ressaltar que, por se tratar de uma instituição da rede federal de ensino, os estudantes conseguiam participar das atividades apenas em horários estratégicos, pois muitos deles também cursavam os cursos técnicos oferecidos pela mesma instituição. O horário das atividades foi definido mediante disponibilidade de todos os interessados. Somado a isso, os estudantes tinham um perfil alinhado à proposta, visto que no ambiente de ensino e aprendizagem deles era rico em atividades de extensão e pesquisa.

As atividades foram realizadas em 7 encontros, que ocorreram uma vez por semana e com duração aproximada de 2 horas cada.

Além disso, a temática plásticos foi selecionada por contemplar questões diversas de seu uso e impactos no cotidiano dos estudantes. Sua relevância corrobora com a contextualização do ensino de conhecimentos científicos curriculares de Química Orgânica, tópico este previsto para ser desenvolvido ao longo do 3º ano do Ensino Médio. Outro fator de escolha baseou-se no fato de os plásticos estarem envolvidos em relevantes problemas ambientais contemporâneos ainda não solucionados.

As atividades de ensino foram conduzidas por uma professora da instituição, porém não era a professora dos estudantes participantes da pesquisa. A professora é licenciada em Química, com mestrado e doutorado em Educação, possuindo 18 anos de experiência em pesquisa e ensino, tanto na educação básica quanto no ensino superior. Além disso, ela possui conhecimentos sobre modelos e modelagem e NdC, o que determinou sua escolha para condução das atividades. Outro fator importante de escolha foi ter participado ativamente na elaboração das atividades dessa pesquisa e pela sua experiência com a aplicação desse tipo de abordagem baseada no ECFM.

Junto à professora, duas pós-graduandas participaram da investigação, uma mestranda e uma doutoranda, de um programa de Pós-Graduação em Educação. Ambas são licenciadas em Química, com experiência docente no ensino médio, além de experiência em atividades de pesquisa envolvendo NdC. Essas duas pós-graduandas auxiliaram na aplicação das atividades, no registro em vídeo dos encontros e atuaram ainda dirigindo questões aos estudantes, enquanto esses trabalhavam nos grupos, com o objetivo de que esses elucidassem seus raciocínios durante as atividades.

Os estudantes participantes desta pesquisa foram organizados em três grupos para a realização de todas as atividades. Cada estudante foi identificado com nomes fictícios, facilitando a identificação individual nas falas e reflexões apresentadas, bem como garantindo o respeito ético à integridade dos envolvidos na pesquisa. A subdivisão dos grupos está detalhada no quadro a seguir.

Quadro 2 - Relações de estudantes participantes da pesquisa.

Grupo 1	**Grupo 2**	**Grupo 3**
Paulo	Juliana	Sabrina
Ricardo	Karina	Sofia
Fernanda	Ana	Paula
Carla	Patrícia	Júlia
Jussara		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O contexto educacional desses estudantes foi caracterizado pelo regime de ensino integral. Durante o período matutino, todos se dedicam às atividades regulares do ensino médio na instituição. No período vespertino, complementam sua carga horária com disciplinas específicas dos seus respectivos cursos técnicos, que incluem Informática, Agropecuária, Alimentos e Hospedagem.

Uma característica notável desse ambiente educacional é a estreita integração dos estudantes com os professores e pesquisadores da instituição, muitos dos quais possuem títulos de mestre e doutor em suas áreas de especialização. Este relacionamento facilita o envolvimento dos estudantes em uma ampla gama de atividades acadêmicas e extracurriculares. Ao longo de sua formação, os estudantes participaram ativamente de projetos de pesquisa, atividades de ensino e programas de extensão, beneficiando-se da rica oferta de cursos de graduação e pós-graduação disponíveis na instituição.

Esse contexto educacional é particularmente relevante para esta pesquisa. As diversas oportunidades culturais, sociais e científicas às quais os estudantes foram expostos devem ser consideradas na análise dos dados coletados. O ambiente único e estimulante em que esses estudantes estão inseridos potencialmente influencia suas experiências, percepções e reflexões, tornando-se um fator importante a ser levado em conta ao longo de toda a pesquisa.

4.4. As estratégias de ensino fundamentadas em modelagem

A investigação foi conduzida a partir da aplicação de um conjunto de atividades de modelagem (Anexo A), constituído de três estratégias de ensino, cuja temática geral era “plásticos”. Tais atividades foram elaboradas ao longo do ano de 2016 pelos integrantes do Grupo de Pesquisa REAGIR, inclusive com participação ativa da professora e pesquisadora.

O primeiro grupo de atividades foram relacionadas a um contexto *cotidiano*. Nesse primeiro contexto foram desenvolvidas 5 atividades (Anexo A, atividades de 1 a 5), com o objetivo de introduzir os significados de modelos e modelagem, a partir de situações que não são científicas e são mais familiares aos estudantes. Tais atividades permitiram aos estudantes se sentirem mais confortáveis com esse tipo de atividade, pois nenhum dos estudantes tiveram experiências prévias com abordagens de ensino envolvendo modelos e modelagem.

O segundo grupo de atividades consistiu em outras 4 atividades (Anexo A, atividades de 6 a 9) que buscaram envolver os estudantes no estudo de um contexto *científico*. O objetivo de tais atividades foi o desenvolvimento do conhecimento sobre conteúdos científicos curriculares pré-requisitos como propriedades dos materiais,

transformações físicas e químicas, ligações químicas e interações intermoleculares, tudo em relação a materiais plásticos. Além disso, as atividades visavam que os estudantes desenvolvessem conhecimentos novos, por exemplo, reações poliméricas, composição dos tipos de plásticos e associação das propriedades específicas desses plásticos à sua funcionalidade. Isso foi proposto a partir da investigação do comportamento de diferentes objetos plásticos (sacola comum de supermercado, carcaça de TV e pneu) quando dobrados ou sob aquecimento.

Por fim, o terceiro grupo se concentrou em atividades que manifestassem dimensões sociocientíficas de um problema relacionado ao uso, descarte e reciclagem de plásticos (Anexo A, atividades de 10 a 13) ou seja, abordou um contexto *sociocientífico*. Esse contexto foi proposto com o objetivo de discutir o problema do acúmulo de plásticos vivenciado por uma comunidade fictícia, de modo que os estudantes precisassem recorrer aos conhecimentos construídos ao longo das atividades de modelagem desenvolvidas no contexto científico, bem como levar em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais, éticos, entre outros; assim como, reconhecer a complexidade e as possíveis controvérsias que permeiam o problema, para propor possíveis soluções para tal.

Todas as atividades foram elaboradas de maneira a favorecer a participação dos estudantes em todas as etapas e processos cognitivos da modelagem, bem como em discussões *sobre* Ciências. A formulação dessas atividades foi feita à luz do DMM de Gilbert e Justi (2016), com base em alguns princípios apresentados nesse modelo (Figura 4). Tais princípios são considerados essenciais para que atividades de modelagem sejam desenvolvidas com a potencialidade de proporcionar ferramentas e caminhos para um ensino e aprendizagem autênticos.

As atividades foram elaboradas e conduzidas com o objetivo de fornecer aos estudantes os instrumentos necessários para que fossem capazes de elaborar seus modelos, explicitando aspectos cognitivos e metacognitivos da sua construção. Como parte dessas atividades, testes empíricos foram uma importante fonte de informações para que os estudantes elaborassem seus protomodelos (modelos iniciais), pois tiveram a oportunidade de ter contato com o alvo em estudo, seja conduzindo os experimentos, seja assistindo aos vídeos dos experimentos.

Em seguida, para cada contexto de ensino foram propostas atividades que testassem os modelos dos estudantes. Os testes foram mentais, baseados nas

características do próprio protomodelo – que poderia ser elaborado em diferentes modos de representação como desenhos, modelos concretos de massinha de modelar ou usando bolinhas de isopor com palitos – sendo estabelecidos por meio de questionamentos e discussões que, por vezes, buscavam investigar a aplicabilidade do modelo em uma situação diferente daquela imposta na elaboração inicial. Nessa fase, as atividades adquiriram um papel importante, pois os estudantes precisaram argumentar e defender suas escolhas sobre (i) *o que* representaram; (ii) *como* representaram; (iii) *porque* representaram dessa forma e (iv) *quais* as condições limitantes para que seus modelos fossem ajustados, modificados e/ou, se necessário, reelaborados. Após os testes realizados, as atividades finais foram elaboradas e conduzidas pensando em uma nova situação ainda mais ampla e complexa, para que os modelos previamente testados pelos estudantes fossem investigados quanto ao seu nível de abrangência.

Cabe ressaltar que, de acordo com Gilbert e Justi (2016), as atividades de modelagem não se baseiam em um processo linear e muito menos unidirecional, havendo a possibilidade de etapas posteriores interferirem em etapas realizadas. Isto pode promover uma reentrada no processo ou, em alguns momentos, a reconsideração de dados e informações, a integração de novos conhecimentos e a aceitação ou rejeição do modelo.

Dessa forma, essas foram as características fundamentais que as atividades de modelagem possuíram com vistas em trazer à tona as práticas científicas e/ou epistêmicas da Ciência, abrindo portas para a introdução e mobilização de conhecimentos sobre NdC.

4.5. Metodologia de coleta de dados

A coleta de dados ocorreu por registro em vídeo e pelos artefatos escritos, produzidos pelos estudantes ao longo das atividades. O uso de vídeos se justifica por possibilitar a captação em tempo real de todo o processo de condução das intervenções pedagógicas, visto que favorece não apenas a obtenção de uma visualização clara da cronologia dos acontecimentos na aplicação da pesquisa, mas também contribui para a revisitação dos comportamentos dos sujeitos e como as estratégias de ensino modificam o caminho do pensamento dos envolvidos (Belei *et al.*, 2008). Tal registro corrobora à análise de dados fidedigna ao contexto natural de

um determinado fenômeno social, com poucas perdas das nuances do processo, uma vez que é produzido um banco de dados extenso capaz de auxiliar no desenvolvimento, por exemplo, de um estudo de caso e no processo de triangulação de eventos e categorias de análise (Cohen *et al.*, 2018).

Alguns cuidados com o uso de vídeos foram tomados, buscando a todo momento “estabelecer uma narrativa que faça sentido ao vídeo” (Cohen *et al.*, 2018, p. 634). Essa narrativa foi construída seguindo três características descritas por Blikstad-Balas (2016), por serem fundamentais para mantermos a credibilidade e a confiabilidade durante a análise e apresentação dos dados:

i. Chegar perto o suficiente dos detalhes sem perder o contexto;
ii. Ampliar eventos que podem não ser significativos para os participantes; e
iii. Representar os dados de uma forma que possibilite ao público realmente avaliar se as interferências extraídas dos dados obtidos pelos vídeos são plausíveis. (Blikstad-Balas, 2016, p. 5)

Nesse panorama, a primeira característica nos ajudou a equilibrar as especificidades da pesquisa com o contexto real de aplicação, ou seja, nos orientou a mantermos o foco na investigação sem perdermos as interações e evoluções ocorridas no processo. A segunda característica esteve relacionada, principalmente, em evitar que houvesse sobrecarga de dados com detalhes irrelevantes para uma resposta à QP, ou seja, os vídeos necessariamente precisavam narrar todo o processo atitudinal do professor e os reflexos causados nos estudantes. Por fim, a última característica nos conduziu a uma seleção de métodos complementares que buscaram contribuir para uma análise clara e, ao mesmo tempo, trazendo a natureza holística dos eventos do fenômeno social dessa pesquisa.

No decorrer das atividades os estudantes foram previamente subdivididos em três grupos, variando entre três e cinco participantes. Em cada grupo foram inseridos gravadores de áudio para captar diálogos e interações entre os estudantes, pois nesse caso conseguimos obter dados de cada grupo de estudantes. Essa fonte de dados tornou-se importante, pois minimizou os ruídos e as interferências que as gravações em vídeo acabaram produzindo, dificultando a compreensão dos diálogos estabelecidos. A observação participante (realizada pelas pesquisadoras do Grupo REAGIR) foi uma das formas que favoreceram a produção de dados a partir do uso dos vídeos e áudios, bem como dos modelos produzidos pelos estudantes. Essa

maneira de coletar informações potencializou a obtenção de dados que valorizaram o contexto real da investigação, enriquecendo as nossas conclusões e trazendo relevância aos caminhos estruturados para análise e resposta a nossa QP (Cohen *et al.*, 2018).

4.6. Metodologia de análise de dados

A análise realizada abrangeu apenas os dados que foram obtidos nas atividades de modelagem envolvendo o contexto *cotidiano*. A decisão sobre a exclusão do contexto *sociocientífico* foi pautada pelas discussões estabelecidas em reuniões do Grupo REAGIR, que levaram à posição consensual dos membros sobre as limitações das atividades em relação à perspectiva da modelagem, pois não favoreceu aos estudantes a elaboração de modelos em uma perspectiva investigativa e que incorporasse elementos do processo social, ambiental, econômico, entre outros, limitando-se à replicação do modelo científico. Por outro lado, a exclusão do contexto *científico* se deu por uma questão de viabilidade de análise dentro do tempo e condições específicas do contexto da pesquisa. Essa foi uma estratégia estabelecida para que pudéssemos concluir a pesquisa dentro dos prazos máximos oferecidos pelo Programa de Pós-Graduação do qual este trabalho faz parte.

A partir do contexto da coleta de dados, essa análise se construiu por meio das conduções feitas pela professora e pesquisadoras, das suas ações e das visões explicitadas pelos estudantes sobre NdC. Essa ressalva é importante pois, no decorrer do desenvolvimento das atividades de modelagem, as pesquisadoras participantes do processo também realizaram intervenções ativas durante suas observações participantes. Entretanto, tomamos o cuidado ao analisarmos suas falas, uma vez que tiveram maior foco em realizar interferências nos grupos de estudantes, com questões que também foram feitas pela professora. Ou seja, as perguntas feitas pelas pesquisadoras nos grupos tinham a mesma natureza/propósito das que a professora também realizava.

Em suma, as duas pesquisadoras juntamente com a professora apenas se subdividiram para atender às demandas (dúvidas dos estudantes nas atividades, ideias prévias dos estudantes, conclusões feitas pelos estudantes, explicação do modelo elaborado pelos estudantes etc.) de cada grupo, combinando previamente os tipos de questões que seriam feitas, com o cuidado de serem as mesmas para cada

grupo de modo a elucidar as ideias dos estudantes. Contudo, nossa análise esteve preocupada com todas as intervenções das pesquisadoras que trouxessem ações ou mobilização de aspectos que a professora não as fazia.

Os vídeos das atividades de ensino foram transcritos na íntegra e, a partir da transcrição, a análise dos dados seguiu a partir da elaboração de um único estudo de caso, dada a necessidade de exclusão do contexto *científico*.

Esse tipo de apresentação e análise foi utilizada, pois de acordo com Gil (2008), o estudo de caso não separa o fenômeno do contexto, ou seja, não limita o número de variáveis. Essa forte ligação entre o contexto e o fenômeno é apontado também por Cohen, Manion e Morrison (2018) como fonte que potencializa a explicitação de *causa* e *efeito* do caso em estudo. Logo, associando esses fatores à nossa pesquisa, observamos que a *causa* são as ações docentes e os *efeitos* representam os aspectos de NdC explicitados pelos estudantes.

O estudo de caso não possui uma definição unívoca entre os pesquisadores que estudam fenômenos sociais, visto que geralmente toda e qualquer tipo de pesquisa qualitativa envolve algum caso em investigação (Cohen *et al.*, 2018). Entretanto, algumas características devem ser consideradas, principalmente quanto ao contexto de investigação do caso, o que tornou necessário traçarmos um caminho que nos orientasse para elaboração desses estudos de casos. Para Yin (2006; 2018) é importante considerar o caso dentro de seu contexto, enriquecendo sua estrutura por meio de descrições detalhadas. Além disso, o autor sugere que a escolha por pesquisas baseadas em estudos de casos, em detrimento a outras formas de planejamento, deve analisar a priori o tipo de QP que se deseja responder, por exemplo uma questão descritiva ou explicativa (Yin, 2006). Isso reflete diretamente em nossa pesquisa, porque buscamos compreender como um determinado fenômeno social se processa, necessitando de “uma descrição extensa e aprofundada” (Yin, 2018, p. 33) dos dados coletados. Como ponto de partida, frente a essas reflexões, acreditamos que o estudo de caso contempla uma visão holística do processo de forma clara e objetiva do contexto de investigação, ou seja,

> um estudo de caso fornece um exemplo único de pessoas reais em situações reais, permitindo que os leitores entendam ideias com mais clareza do que simplesmente apresentando-lhes teorias ou princípios abstratos (Cohen *et al.*, 2018, p. 376).

Isso posto, podemos considerar que os estudos de caso se caracterizam por serem (i) dinâmicos; (ii) complexos; (iii) apresentarem contextos reais; e (iv) serem únicos (Cohen *et al.*, 2018). Esses pontos principais nos ajudam a entender os desdobramentos que suscitaram dos eventos que selecionamos para trazer à tona as relações ocorridas nas atividades de modelagem entre professor e estudantes, com uma narrativa cronológica para os eventos. Esses desdobramentos são essenciais na elaboração do estudo de caso, pois representam a natureza comportamental dos participantes que não podem ser manipulados e/ou controlados (Yin, 2018).

Para responder à nossa QP, realizamos um estudo de caso único para evidenciar os dados obtidos a partir do contexto *cotidiano*. Esse estudo de caso foi analisado buscando evidenciar os eventos em que a professora e pesquisadoras explicitaram orientações, questionamentos e a proposição de atividades (fora e dentro do planejamento da sequência didática) que possibilitaram aos estudantes exporem suas visões e conhecimentos relacionados à NdC.

A partir do estudo de caso, delineamos a nossa análise relacionando três aspectos: (i) as atividades e ações da professora ao longo da proposta de ensino em relação ao contexto *cotidiano*; (ii) as etapas da modelagem vivenciadas pelos estudantes; e (iv) as manifestações dos estudantes na execução das atividades.

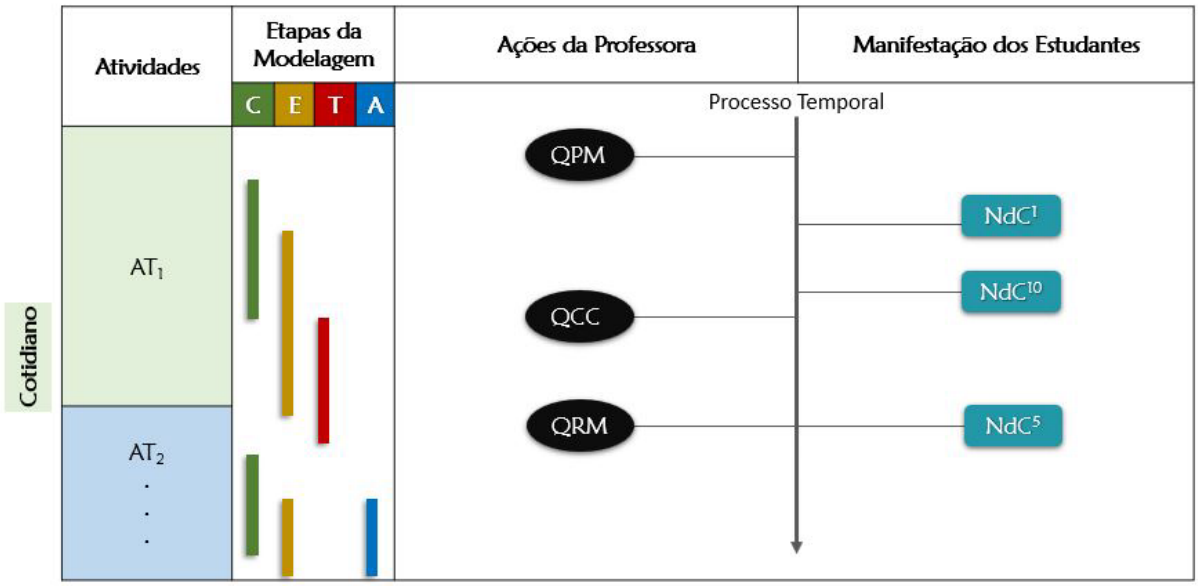
Os questionamentos gerados pelas professoras[5] foram categorizados com base no perfil das questões/reflexões identificadas por evento:

i. Questões e/ou reflexões Metacientíficas (QMT);
ii. Questões e/ou reflexões buscando enfatizar, explicitar ou rever um Conhecimento Científico (QCC);
iii. Questões e/ou reflexões relacionadas ao Conhecimento Prévio do estudante (QCP);
iv. Questões e/ou reflexões que geram Revisões nos Modelos dos estudantes (QRM); e
v. Questões e/ou reflexões relacionadas às etapas/ações do Processo de Modelagem (QPM).

[5] Quando o termo é utilizado no plural, estamos nos referindo à professora regente, que conduziu as atividades, e às duas pesquisadoras envolvidas. Ambas participaram diretamente em cada grupo, realizando diversas intervenções processuais.

Tais categorias foram delimitadas à medida em que a análise foi realizada, o que proporcionou caminhos mais coerentes para atingirmos nossos objetivos. A seguir, propusemos uma representação (Figura 6), que foi utilizada para a análise do estudo de caso.

Figura 6 - Modelo para apresentação da análise dos dados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa figura, **AT_x** refere-se às atividades de modelagem, sendo **x** correspondente à numeração das atividades de ensino (Apêndice A), sendo cada uma acompanhada de uma cor diferente, para facilitar a identificação do final de uma atividade e o início de outra. Em seguida, as letras **C**, **E**, **T** e **A** representam as etapas do processo de modelagem (criação, expressão, teste e avaliação, respectivamente), de acordo com Gilbert e Justi (2016). Por outro lado, as siglas **QPM**, **QCC** e **QRM** são referentes às questões das professoras que podem, intencionalmente, buscar a expressão de aspectos de NdC dos estudantes. A sigla **NdC^x** refere-se aos aspectos de NdC manifestados pelos estudantes, identificados a partir do uso do MoCEC v.3 (discutido no capítulo de referencial teórico) como ferramenta analítica (Apêndice A). O "x" sobrescrito na sigla representa um tipo específico de aspecto, uma vez que existem aspectos de NdC com o mesmo nome, entretanto, com diferentes visões por serem de áreas distintas.

Na segunda coluna, temos as quatro etapas da modelagem que perpassaram as atividades, de modo que cada uma foi representada por uma cor: (i) *criação* em

verde; (ii) *expressão* em amarelo; (iii) *teste* em vermelho e (iv) *avaliação* em azul. O comprimento de cada retângulo mostrou tanto o tempo em que essas etapas prevaleceram ao longo das atividades, bem como sua relação com as outras etapas da modelagem, visto que nessa representação identificamos quais foram as etapas que ocorreram em um determinado evento.

Cabe ressaltar que a classificação que estruturou as atividades de modelagem (segunda coluna), não seguiu literalmente o propósito ao qual determinada atividade foi construída, mas sim o que a atividade promoveu no contexto da sala de aula. Sendo assim, buscamos explicitar o aspecto dinâmico do processo de modelagem, no sentido de que em uma mesma atividade existem múltiplas etapas da modelagem.

Por fim, na última coluna, observamos dois parâmetros de investigação na análise: (i) as ações docentes e (ii) as manifestações dos estudantes. Basicamente esses dois parâmetros forneceram os principais caminhos para respondermos nossa questão de pesquisa, pois esse efeito “causa-consequência” nos mostrou as relações que foram estabelecidas no contexto das atividades de modelagem. Assim, buscou-se associar as ações das professoras à manifestação de aspectos de NdC pelos estudantes.

Como etapa final dessa análise, expressamos todas as relações que puderam ser identificadas a partir da representação analítica construída. Portanto, buscamos discutir como as atividades de ensino proporcionaram a manifestação de áreas e aspectos de NdC. Esse perfil foi muito importante durante a elaboração do produto educacional, uma vez que esse visa fornecer subsídios para que os professores de Química possam utilizá-lo em sua prática docente.

4.7. Elaboração do produto educacional: O fenômeno da dissolução em contexto

A partir dos resultados obtidos no processo de análise, buscamos ampliar uma proposta de EFM na temática dissolução – previamente apresentada em Silva (2018) –, incluindo orientações para professores de Química para fomentar o desenvolvimento de conhecimentos específicos sobre “o que” e “como” introduzir aspectos de NdC em sala de aula. Com isso, esperamos que o material contribua para que os professores de Química introduzam o ensino explícito de NdC, integrando os

conhecimentos científicos curriculares à temática dissolução, em uma abordagem de EFM.

Tomamos alguns cuidados para que esse material não se tornasse uma proposta de ensino rígida. Nesse sentido, algumas características que estruturamos no material estão apresentadas a seguir:

I. uma síntese das principais ideias dos referenciais teóricos nos quais nos apoiamos;
II. lista de conhecimentos pré-requisitos do currículo, necessários aos estudantes para participar das atividades;
III. texto contendo as atividades e notas explicativas dos objetivos de cada uma delas;
IV. algumas orientações importantes para a aplicação das atividades (por exemplo, justificativa para os estudantes trabalharem em grupos, considerações sobre o tempo estimado para a realização de cada atividade, importância de o professor atuar como mediador ao longo do processo, identificação de possíveis modelos que poderiam ser elaborados pelos estudantes); e
V. sugestões de questões orientadoras que mobilizem aspectos de NdC por toda a sequência das atividades, pois compreender o papel dos modelos e do seu processo de construção e validação faz parte da própria compreensão de NdC.

O produto educacional sugeriu outros temas que podem ser planejados e executados com base no processo de modelagem, buscando inserir conhecimentos sobre NdC. Nesse contexto, o material será disponibilizado gratuitamente com o apoio do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFV, justamente para torná-lo acessível aos docentes da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, além de contribuir para a instrumentalização ao longo da formação inicial e continuada de professores nos diversos cursos de licenciatura do país.

5. PERSPECTIVAS AMPLIADAS: RESULTADOS EMERGENTES E DIÁLOGOS EM EVOLUÇÃO

Neste capítulo, optamos por apresentar nossos dados e as discussões emergentes em uma estrutura textual que evitasse redundâncias ou repetições de ideias. Dessa forma, nossa proposta visa apresentar uma análise e discussão dos resultados a partir do próprio estudo de caso. Como este já foi detalhadamente elaborado, contendo descrições completas dos eventos e transcrições dos diálogos relevantes para nossa pesquisa, realizamos o processo de síntese dos resultados em conjunto com esse estudo de caso.

Escolhemos essa representação devido à complexidade encontrada ao longo do desenvolvimento da pesquisa. A apresentação dos dados, a discussão dos resultados e a representação da análise de todo o processo revelaram um cenário desafiador devido ao volume de dados que eram oriundos das professoras, estudantes e das relações entre ambos. Inicialmente, foi crucial traçar um caminho que nos proporcionasse uma visão panorâmica dos dados para análise e compreensão mais aprofundada.

Para atender a essa necessidade, o estudo de caso foi cuidadosamente delineado para oferecer uma perspectiva global dos dados. Em seguida, concentramo-nos na análise detalhada dos elementos que foram emergindo durante a pesquisa, permitindo uma abordagem mais minuciosa e fundamentada. Consequentemente, ao concluir o processo de análise, notamos uma sobreposição de ideias entre nossa discussão dos dados e as informações já descritas no estudo de caso. Isso foi uma decorrência natural, uma vez que nossa discussão seguiu a mesma linha temporal dos dados extraídos durante a elaboração do estudo de caso. Diante disso, percebemos a importância de tornar o texto acessível e compreensível para apreciação dos leitores.

Nesse estudo de caso, apresentaremos os acontecimentos observados durante a execução das atividades de 1 a 5 (Anexo A), além de outras intervenções que surgiram ao longo da estratégia de ensino. Essas atividades tiveram como objetivo geral a introdução do tema plásticos, a avaliação dos conhecimentos científicos curriculares prévios dos estudantes sobre o tema e a inserção dos estudantes na elaboração de modelos não-científicos, com o propósito de ambientá-

los para as atividades sequenciais relacionadas à elaboração de modelos científicos para a temática em discussão. Logo, é importante evidenciarmos algumas características, já que o mesmo busca compreender as causas, os efeitos, os padrões subjacentes e as dinâmicas envolvidas no caso em questão.

Sendo assim, este tipo de estudo emprega múltiplas fontes de dados, como, observações, documentos, entre outros métodos, para coletar informações detalhadas e variadas sobre o caso. Portanto, utilizamos essas informações para identificar padrões, tendências, relações de causa e efeito, e para formular interpretações ou teorias que possam explicar e contextualizar o caso estudado.

Nesse contexto, o capítulo se organiza em três unidades de discussão distintas. A primeira delas apresenta os resultados e discussões previamente analisados, seguindo a ordem cronológica dos eventos por meio de um estudo de caso com as discussões dos resultados em síntese. A segunda unidade concentra-se na inter-relação dos três pontos centrais desta pesquisa, demonstrando, através de um quadro, as conexões entre o papel da modelagem e a orientação das professoras durante as situações que envolveram aspectos de NdC nos estudantes. Por fim, a terceira unidade oferece reflexões essenciais e dados complementares, representados por meio de gráficos, para validar nossas hipóteses e considerações levantadas neste estudo.

5.1. Revelando Conexões: Um Estudo de Caso em Análise

Para a elaboração dessa primeira unidade, voltamos à questão de pesquisa que orienta esse trabalho: Quais ações/interações empregadas por professoras de Química que levam à manifestação de conhecimentos de NdC pelos estudantes, em um contexto de ensino fundamentados em modelagem?

A discussão é apresentada nesse capítulo em conformidade com a cronologia dos fatos, visando representar a dinâmica do processo, identificando:

i. a discussão das classificações das questões, feitas pela professora e/ou pesquisadoras;

ii. as manifestações dos aspectos de NdC, com base nos aspectos caracterizados pelo MoCEC v.2.

Cabe ressaltar que, muitas vezes, a manifestação dos aspectos de NdC e os modelos dos estudantes não ocorreu imediatamente após o questionamento feito pela professora e/ou pelas pesquisadoras, mas ainda assim foi possível observar como determinado questionamento refletiu em manifestações ao longo de todo um evento. Dessa forma, a análise do papel dos questionamentos não se restringiu às interações imediatamente após eles serem feitos, abrangendo todo o contexto e ações que se sucederam.

Um ponto a ser destacado é que a contabilização dos aspectos manifestados pelos estudantes, professora e/ou pesquisadoras, só foram feitos uma única vez dentro de um mesmo evento, pois o que se buscou averiguar foi qual aspecto de NdC orientou as discussões naquele momento, e não a quantidade de vezes que eles foram manifestados pelos sujeitos participantes da pesquisa. Ou seja, caso um determinado aspecto ou reflexão sobre NdC tenha sido manifestado repetidas vezes, contabilizou-se apenas uma vez.

Inicialmente, a professora recapitulou os objetivos dos encontros, conforme apresentados durante o convite aos estudantes. Destacou o contexto de pesquisa, discutindo sua relevância para o desenvolvimento dos trabalhos de dissertação e tese das outras duas professoras em formação continuada. Após as apresentações das pesquisadoras, a professora delineou as características do processo formativo no qual seus integrantes estariam inseridos.

Antes do início das atividades, a docente proporcionou uma visão geral da proposta do curso, enfatizando que não se tratava apenas de palestras sobre a temática, mas sim de uma oportunidade para os estudantes desenvolverem conhecimento, exercitarem o raciocínio e participarem ativamente na construção do saber sobre o assunto. Em resumo, a professora apresentou os objetivos do curso e a abordagem das atividades.

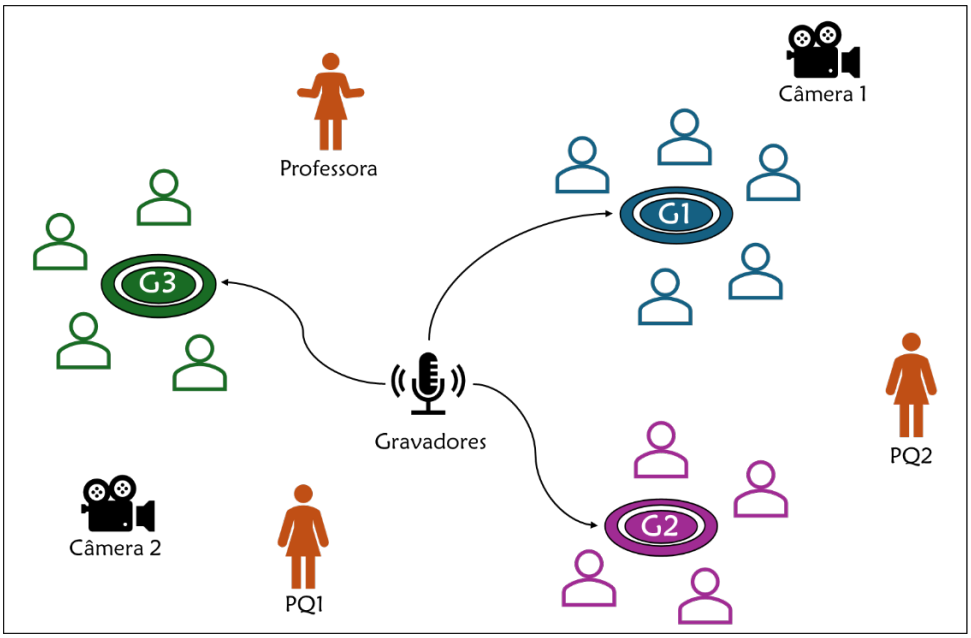
Nesse contexto, salientou que o propósito não se limitava ao aprendizado de conteúdos científicos relacionados à Química, mas se estendia à conexão desses conhecimentos com as dimensões do cotidiano associadas à temática discutida nos encontros. Destacou a necessidade de relacionar os conhecimentos científicos curriculares às questões ambientais, explorando os impactos, positivos e/ou negativos, que os plásticos podem causar na vida das pessoas, além de abordar as perspectivas globais sobre o tema. Assim, enfatizou a importância de não apenas

considerar os plásticos como objetos materiais, mas também como ponto de partida para discussões sobre suas implicações na vida cotidiana.

As discussões subsequentes concentraram-se em dois pontos essenciais: (i) a compreensão de conceitos em química orgânica, revisitando a definição de polímeros, os tipos de ligações na formação de compostos orgânicos e os principais elementos constituintes desses materiais; e (ii) as ideias prévias dos estudantes sobre o que seriam modelos e o papel que atribuem a eles ao representar algo. A abordagem desses pontos pela professora foi cuidadosamente planejada, visando avaliar até que ponto o conhecimento prévio dos estudantes atende aos objetivos de ensino desejados. Esses elementos foram fundamentais para as atividades relacionadas ao contexto científico, envolvendo a aplicação dos conhecimentos científicos sobre plásticos na elaboração de modelos durante as atividades de modelagem.

Após a finalização desse momento, a professora iniciou a dinâmica de execução das atividades (Anexo A) envolvendo a modelagem, além de organizar os estudantes em três grupos, sendo dois grupos contendo quatro estudantes, cada, e um grupo contendo cinco estudantes (Figura 7). Os grupos deveriam ficar afastados uns dos outros para evitar algum tipo de interferência nas ideias e/ou na resolução das atividades.

Figura 7 - Disposição dos estudantes, professoras e instrumentos de coleta de dados na sala de aula.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse instante, a professora junto das pesquisadoras realizaram a distribuição da Atividade 1 (Anexo A) impressa, para que os estudantes pudessem registrar todas suas ideias relacionadas à atividade, bem como acompanhar o percurso da sequência didática em cada encontro.

5.1.1. Atividade 1: Construindo o conhecimento de uma maneira diferente

O propósito desta atividade era criar um modelo explicativo do funcionamento de uma máquina de venda de latas de refrigerante. Os estudantes, organizados em grupos, foram desafiados a registrar por escrito todas as características desse modelo. Durante a realização da atividade, a professora e as pesquisadoras acompanharam atentamente a execução em cada grupo. Seu papel consistiu em confirmar a compreensão dos objetivos, esclarecer dúvidas existentes e estimular discussões entre os estudantes. Vale ressaltar que essa dinâmica de acompanhamento foi aplicada em todas as outras atividades, e para evitar redundância, não será mencionada em outros momentos deste estudo de caso. Nessa Atividade 1, tivemos a concentração das etapas de *criação* e *expressão* do protomodelo inicial dos estudantes.

Na Atividade 1, a atuação da professora desempenhou um papel central ao destacar as etapas de *criação* e *expressão* do protomodelo que os estudantes deveriam construir para representar o funcionamento de uma máquina de venda de refrigerantes. Entretanto, durante a análise dessa atividade, observou-se a presença de outras etapas, como a de *teste* e *avaliação*. Essa observação está alinhada com o que é mencionado em nosso referencial teórico (Gilbert; Justi, 2016), confirmando a natureza dinâmica do processo de modelagem, que pode envolver múltiplas etapas simultaneamente.

Ao entregar a atividade aos grupos e explicar seus objetivos e expectativas, a professora dedicou um tempo para que os estudantes realizassem a atividade, trocassem ideias entre si e chegassem a um consenso na proposição de um modelo inicial. Assim, desde o início desse processo, os estudantes estiveram imersos na etapa de *criação* do modelo, pois tiveram que compreender os seus objetivos, estabelecer relações com experiências prévias relacionadas ao funcionamento de uma máquina de refrigerantes e organizar cognitivamente a informação antes de expressar o modelo. Somente após esse processo mental é que os estudantes, em

grupo, começaram a mobilizar a etapa de *expressão* dos protomodelos. Além disso, é importante destacar que, até o final dessa fase, os três grupos conduziram simultaneamente ambas as etapas de criação e expressão em suas discussões individuais.

Ao término da primeira atividade, foram identificados diferentes modos de representação, incluindo: (i) representações em 2D, como desenhos das máquinas e de seus compartimentos; (ii) descrição por escrito de cada componente e sua função atribuída para o funcionamento da máquina; (iii) gestos que auxiliaram na compreensão do funcionamento de certos componentes; e (iv) a fala, que foi um dos meios utilizados para expressar ideias, etapas e a forma como organizaram a criação do protomodelo.

De maneira geral, os estudantes dos três grupos conseguiram realizar a atividade com êxito, apresentando detalhes físicos tanto internos quanto externos e, especialmente, diversos mecanismos de funcionamento da máquina de refrigerantes. Entre esses aspectos estavam as formas de pagamento (dinheiro e/ou cartão), os mecanismos de recebimento de dinheiro (moedas e notas), a devolução de troco, o sistema de escolha das opções de refrigerantes e o sistema de entrega das latas ao consumidor.

Ao longo da atividade, a orientação fornecida pela professora e pelas pesquisadoras desempenhou um papel crucial. Em atividades investigativas como essa, é fundamental que o professor esteja constantemente atento ao desenvolvimento dos estudantes, evitando que eles se desviem dos objetivos propostos. Durante as intervenções individuais em cada grupo, a professora e as pesquisadoras se concentraram em fornecer orientações como: (i) sugerir diferentes formas de representação para os modelos, como a utilização de desenhos para expressar ideias; (ii) destacar atributos essenciais para o funcionamento de uma máquina, como as formas de pagamento; e (iii) verificar se os estudantes estavam compreendendo os objetivos iniciais da atividade.

Essas ações são cruciais em atividades que envolvem a elaboração de modelos (Gilbert; Justi, 2016; Schwartz, 2019; Schwarz; White, 2005). Grande parte do engajamento dos estudantes depende não apenas da qualidade do contexto da atividade, mas também do suporte oferecido pelo professor para esclarecer dúvidas, fornecer informações ou dados que contribuam para uma melhor articulação das

ideias na construção dos modelos, e promover a confiança dos estudantes ao compreenderem todo ou grande parte do processo que estão vivenciando.

Dadas essas informações e concluída a elaboração dos protomodelos por cada grupo, o próximo passo se deu em um processo de socialização. A professora então solicitou que os estudantes apresentassem detalhadamente todas as características e elementos de seus modelos para todos. Durante essa fase, enfatizou a importância de prestar atenção às contribuições de cada grupo, incentivar a possibilidade de incorporar ideias apresentadas por outros grupos e proporcionar liberdade, com coerência, para críticas e sugestões aos modelos elaborados. O objetivo era promover a troca de ideias entre os grupos, estimulando uma discussão construtiva e colaborativa.

Dessa maneira, ao destacar alguns elementos relacionados ao processo de construção de conhecimento, a professora instigou uma reflexão sobre o papel crucial da interação entre cientistas. Nesse contexto, os estudantes desempenhavam o papel de cientistas. Portanto, ao adquirirem esse papel representativo, os estudantes foram mobilizados a refletir sobre a importância de compreender o conhecimento elaborado por outros grupos. Essa compreensão era essencial para contribuir com seus próprios modelos ou, como indicado pela professora, para captar ideias interessantes que poderiam aprimorar suas abordagens.

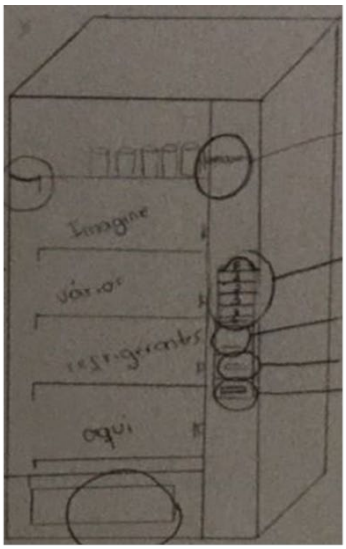
Essa perspectiva traz à tona a noção básica do aspecto da *falibilidade* dentro de um grupo social, como o dos estudantes, e associa a maneira como eles iriam participar no processo de validação de seus conhecimentos. Inicialmente, poderiam identificar falhas em seus modelos. Por fim, na fala da professora, também é possível perceber a presença da Comunicação da Ciência, enfatizando a importância do aspectos *objetivos* à medida que os estudantes fossem fazendo críticas e sugestões aos modelos de outros grupos, desde que esses comentários estivessem sendo declarados com respeito e coerência. Este aspecto é intrínseco a um processo de socialização envolvendo atividades de modelagem, destacando como o conhecimento passa por alterações para ser compreendido entre os pares (Santos *et al.*, 2020).

Considerando a importância de os estudantes tratarem as falas e ideias dos grupos com “respeito e coerência”, incorpora-se características éticas ao processo científico, uma premissa vital para a validação do conhecimento na Ciência. A expressão da professora esclareceu aos estudantes que as discordâncias são muitas

vezes necessárias para identificar limitações e falhas no conhecimento produzido até aquele momento. Portanto, as críticas devem ser apresentadas de maneira respeitosa, com dados estruturados, argumentos claros e sólidos, e respeito ao expressar essas opiniões, para que aqueles que as recebem considerem apenas as questões relacionadas ao conhecimento em si, não interpretando como uma crítica à pessoa que produziu tal conhecimento. Assim, observamos a presença do aspecto *ética*, subsidiando todo o processo epistêmico de produção de conhecimento, especialmente quando características associadas ao “respeito e à coerência” são exigidas pela professora.

Ao início da socialização, rapidamente o G3 se prontificou a iniciar a explicação de seu modelo, que foi feito por meio de um desenho, apresentado na Figura 8. Escolhemos primeiro listar todos os eventos da socialização antes de analisá-los. Em algumas situações, as perguntas das professoras e as observações dos estudantes eram semelhantes, tornando mais produtivo discutir esses eventos de forma conjunta, considerando suas características comuns..

Figura 8 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G3.



Fonte: Elaborado pelos estudantes do G3[6].

[6] Aqui as legendas foram reescritas diante da má qualidade da imagem capturada do modelo do G3, entretanto, mantivemos todos os termos que os estudantes desse grupo utilizaram em seus registros escritos.

A estudante Sofia, representante do Grupo 3 (G3), destacou que toda a equipe dedicou uma atenção especial à questão do dinheiro durante o momento do pagamento. Iniciando sua explicação, Sofia (G3) abordou as características mecânicas da máquina, enfocando particularmente a forma como ela recebe o pagamento, tanto em moedas quanto em notas:

> **Sofia (G3):** A gente começou a pensar em relação ao dinheiro, e como a maioria aceita moedas. A gente colocou um compartimento que fica na diagonal e ele tem as entradas para as moedas um pouco maior. À medida em que a moeda vai descendo, ela vai entrando e vai caindo, cada uma no respectivo lugar de cada moeda. Na hora da contagem para o troco, o compartimento funciona tipo uma calculadora. Cada compartimento vai regular ou visualizar o peso da moeda, para ver quantas ou a quantidade de moedas caindo e, quando exceder, ele vai liberando a moeda uma por uma, também para ter controle. E a da nota, a gente usou a base do contador eletrônico de banco mesmo.

Continuando a explicação dos elementos do modelo, a estudante concluiu sua apresentação descrevendo os mecanismos de liberação das latinhas após a escolha do refrigerante e o pagamento:

> **Sofia (G3):** Na questão da latinha, a gente colocou que ela vai ficar, ao invés dela ir para frente ela vai para o lado, aí as latas vão ficar assim (*mostrando algo no papel*) aí vai ter as fileiras, você vai selecionar, aí vai ser eletrônico, vai acionar a alavanca e aqui.

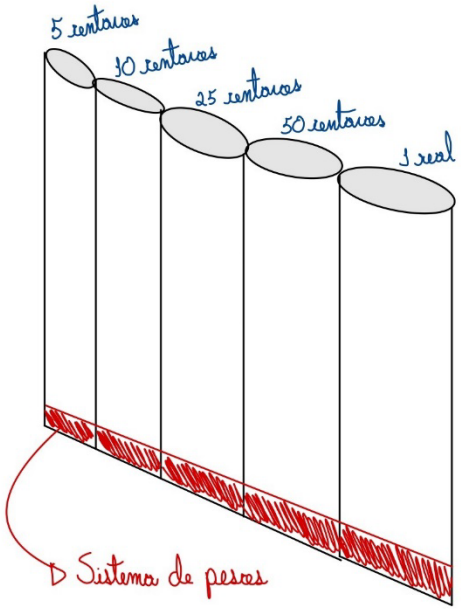
Diante da percepção de certa dificuldade na compreensão do modelo apenas pelo discurso da Sofia (G3), a professora solicitou que a estudante fosse até a lousa e tentasse representar o modelo por meio de um desenho, visando facilitar a compreensão dos mecanismos de funcionamento da máquina. Atendendo ao pedido da professora, a estudante iniciou o desenho, acompanhado por uma explicação detalhada de cada elemento representado no quadro.

Durante essa segunda apresentação, a estudante abordou o processo de funcionamento da máquina em etapas, introduzindo elementos que não havia considerado anteriormente. Destacou a presença de objetos sanfonados em cada fileira de latas de refrigerantes, os quais, após a seleção feita pelo consumidor, empurrariam a fileira correspondente até que uma das latas chegasse a um elevador localizado na lateral esquerda da Figura 8. Este elevador seria acionado pelo peso da lata escolhida. Após essa etapa, o elevador desceria lentamente, evitando problemas

com o gás ou a estrutura da lata, até que ela pudesse ser retirada na parte inferior central da máquina.

Após a conclusão da apresentação do modelo pelo grupo, surgiram dúvidas sobre como seria feita a identificação da autenticidade de notas e moedas usadas no pagamento. Essas discussões fizeram com que a Sofia (G3) desenhasse um novo esquema na lousa, apresentando visualmente o sistema interno da máquina para pagamentos com moedas na tentativa de esclarecer as dúvidas dos seus colegas (Figura 9):

Figura 9 - Mecanismo de pagamento por meio de moedas da máquina de refrigerantes do G3.



Fonte: Elaborado pelos estudantes do G3 e adaptado[7] pelos autores.

Na sua representação, Sofia (G3) representou o funcionamento do processo de identificação do valor atribuído a cada moeda, assim como o mecanismo para a devolução de troco, caso seja necessário depositar um valor superior ao custo da lata de refrigerante:

> **Sofia (G3):** Vai ser assim, Oh! *(demonstrando no quadro)* aí aqui vai ter moedas de 10, depois de 5 e por aí vai. Aí ela *(a moeda)* vai descendo, vai cair no próprio compartimento dela. Aí cada partezinha vai ter um peso. Aí você vai saber pelo peso a quantidade de moedas que tem. Mas a parte de peso é para o troco, se passando do peso

[7] A adaptação foi feita pois não foi possível realizar a captação da imagem através dos dados coletados (registros escritos), pois o desenho feito por este grupo estava ilegível. Apenas por meio dos vídeos coletados foi possível ampliar a imagem feita por uma das estudantes do G3 ao desenhá-la na lousa.

> certo a máquina vai liberando a moeda, ela vai funcionar tipo uma calculadora, vai contando e contando. Por exemplo, se a pessoa colocar moedas a mais, a máquina vai saber por causa do peso.

A fim de ampliar as considerações em relação à dúvida apresentada pelo G2 sobre a forma de pagamento, Carla (G1) questionou como a máquina reconheceria, nesse sistema de pagamento, moedas de mesmo valor, como as de 25 centavos, que possuem espessuras e tamanhos distintos. Ao perceber a lacuna em seu modelo para abordar essa dúvida, o G3 reconheceu uma segunda limitação em sua representação. Em seguida, os grupos ofereceram sugestões e analogias para auxiliar na resolução dessa limitação no modelo do G3.

Membros do próprio G3 introduziram a ideia de uma espécie de catraca interna em cada compartimento de moedas, que, em vez de determinar o peso das moedas, contaria a quantidade delas. Essa proposta facilitaria a contabilização do valor adicionado e a entrega do troco, quando necessário.

Neste momento, é possível identificarmos as fases de *teste* e *avaliação* com base na abordagem de Gilbert e Justi (2016), a partir das manifestações que surgiram. Um exemplo disso foi quando o G3 foi avaliado pelos colegas em relação ao tipo de moeda que poderia ser inserida na máquina, uma vez que estão em circulação diferentes formas, tamanhos e espessuras para o mesmo valor de uma moeda, como é o caso das moedas de 25 centavos. Essa discussão teve como objetivo aprimorar a compreensão do sistema de pagamento, o que levou o G3 a apresentar uma segunda representação (Figura 9).

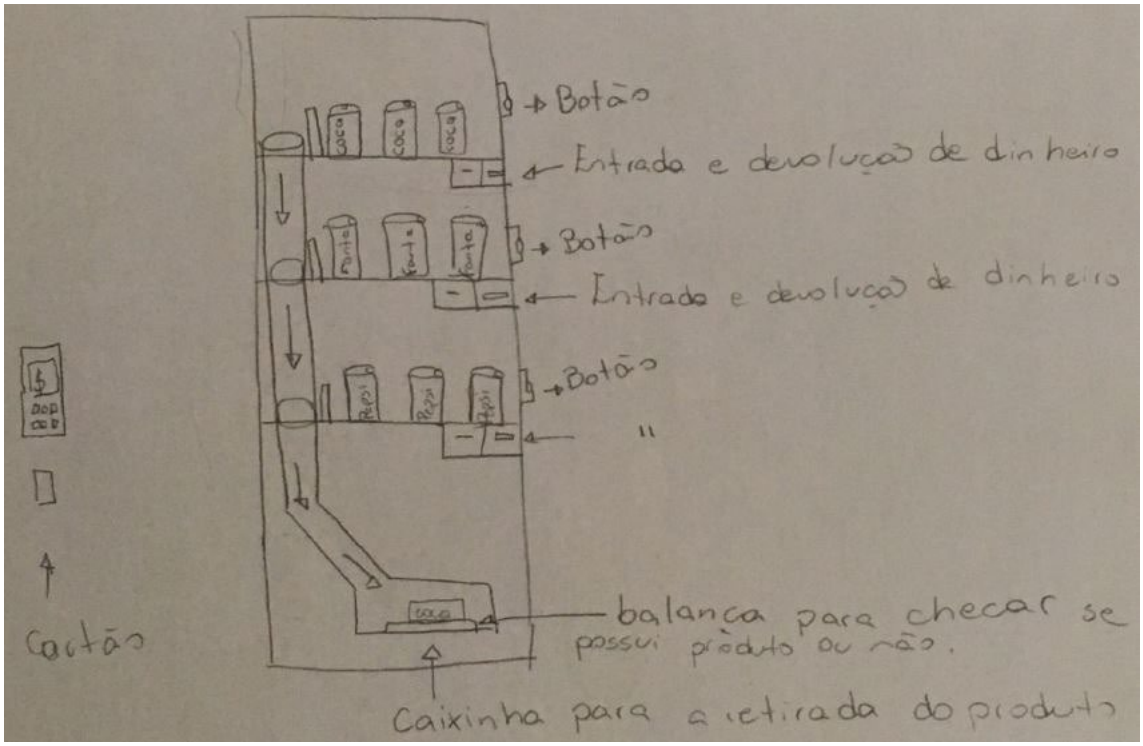
É perceptível que essa situação representa um momento em que os estudantes do G3 buscam “convencer os outros sobre a validade e utilidade do modelo” (Gilbert; Justi, 2016, p. 34), conforme proposto por Carla (G1) ao introduzir um novo contexto para o uso do modelo. Além disso, no referencial teórico indica que o *teste* pode ocorrer nos níveis mental e/ou empírico, dependendo das condições oferecidas. No caso da Atividade 1, esse processo se deu por meio de testes mentais, uma vez que os estudantes tiveram que avaliar seus modelos com base nas percepções expressas por desenhos feitos por eles.

O *teste* ocorreu no início desse diálogo, pois, ao serem questionados por Carla (G1), os estudantes do G3 não conseguiram apresentar uma resposta que o modelo fosse capaz de resolver. Nessas situações, o *teste* atua como um qualificador do

modelo, ou seja, “se o modelo falhar em um teste de qualquer tipo, ele terá que ser modificado” (Gilbert; Justi, 2016, p. 34). Dessa forma, o *teste* permitiu que os grupos adicionassem novas ideias, reinterpretassem suas ideias prévias e, dependendo do nível de modificação necessário, até mesmo rejeitassem completamente o modelo, caso não estivesse adequado ao seu objetivo principal.

Em outro momento, a professora solicitou que todo o G3 “guardasse” as ideias discutidas e passou para a apresentação do G2. Assim, o G2 se organizou, com Ana e Patrícia encarregadas da apresentação. Uma delas fez a leitura dos registros escritos, enquanto a outra estudante desenhou o modelo na lousa e proporcionou uma explicação mais detalhada de cada compartimento da máquina de refrigerantes, conforme apresentado na Figura 10:

Figura 10 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G2.



Fonte: Elaborado pelos estudantes do G2.

Neste modelo, os estudantes também abordaram as formas de pagamento, o reconhecimento do dinheiro e a entrega do troco. Além disso, apresentaram um sistema de seleção e liberação das latinhas inspirado em modelos de geladeira estilo frigobar. No sistema proposto, as latas são escolhidas por meio de alavancas, que

possuem o formato exato da latinha, e molas que permitem que cada uma desça pelo tubo de liberação na lateral da máquina.

Um diferencial em relação ao modelo anterior é a presença, em cada compartimento que representa uma marca específica de refrigerante, de um botão de seleção e de uma entrada para pagamentos e trocos. Esse aprimoramento evidencia a atenção dada pelos estudantes aos detalhes do processo de escolha e compra, proporcionando uma experiência mais completa e interativa aos usuários.

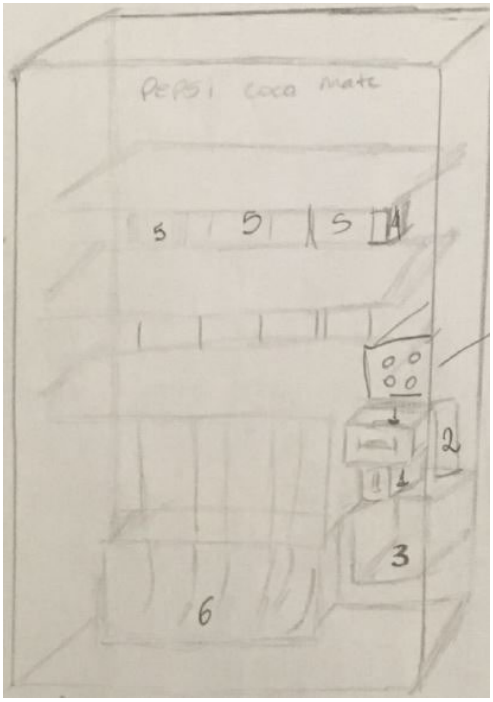
Durante a explicação do modelo pelo G2, surgiram questionamentos e dúvidas ligadas aos mecanismos que fazem com que a latinha de refrigerante seja selecionada e, principalmente, entregue ao cliente. Nesse sentido, Ana (G2) explicou o funcionamento da máquina, destacando que ao inserir o dinheiro e pressionar um botão, a máquina libera uma alavanca que permite a descida de uma lata específica. Ana enfatizou que a representação mostra as latas em pé, mas, na realidade, elas estariam deitadas, e a alavanca permitiria a passagem à medida que avançam.

Após essa discussão entre os estudantes, a professora questionou se todos compreenderam a explicação do modelo do G2 e se mais alguém teria alguma dúvida. Dada a abertura, os estudantes identificaram uma limitação no modelo do G2, relacionado ao amortecimento quando as latinhas caírem pelo tubo lateral da máquina até a caixa de retirada do produto. Buscando elementos que ajudassem a sanar essa dúvida, Ana (G2) focou na presença de um material emborrachado que protegeria as latas de sofrerem quedas bruscas quando fossem selecionadas pelo cliente.

Nessa argumentação de Ana (G2), a PQ2 aponta que o grupo não havia feito nenhuma colocação sobre o tubo ser constituído de um material emborrachado, logo, tal elemento seria um acréscimo ao modelo que estaria sendo apresentado. Mas as discussões continuam frente ao problema do amortecimento da latinha, já que em sequência a professora questiona ao G2 se não haveria a possibilidade de a latinha agarrar dentro do tubo lateral da máquina, pois o mesmo é emborrachado. Em resposta, Ana (G2) afirmou que o tubo teria o tamanho exato da latinha, sendo necessário que o produto (latinha de refrigerante) não tivesse nenhum defeito para que a máquina funcionasse. Logo, não apresentando nenhum outro argumento que explicasse melhor o amortecimento da latinha ao descer pelo tudo lateral, ficou compreendido que o modelo também apresentou uma limitação.

O G1 foi o próximo grupo a concluir essa etapa de socialização, juntamente com os demais colegas, representando, assim, um modelo no formato de um desenho (Figura 11).

Figura 11 - Modelo da máquina de vender latas de refrigerantes do G1.



Fonte: Elabora pelos estudantes do G1.

De acordo com os registros escritos feitos pelo G1, o compartimento[8] de número 1 trata-se do local de pagamento (cartão, notas ou moedas); o de número 2 seria um sensor de identificação de cédula falsa; o de número 3 representa um sensor onde, ao receber o dinheiro, a máquina levará o refrigerante até a saída (compartimento de número 6) por meio de uma chave seletora, que fará a seleção do refrigerante de acordo com a escolha do cliente; o de número 5 representa os tubos refrigerados com seus respectivos refrigerantes de marcas variadas; o compartimento acima do de número 1, contendo quatro botões, refere-se ao local de seleção do sabor do refrigerante e de saída do comprovante fiscal após a compra. Alguns elementos expressos nesse modelo trouxeram à tona mecanismos de acessibilidade a pessoas cegas (com a adição da linguagem em braile em todos os botões externos da máquina), a pessoas que possuem daltonismo e/ou fotofobia (com a presença de

[8] O compartimento de número 4 nesse modelo não foi identificado nos registros escritos dos estudantes nem mesmo em sua socialização com os outros grupos, logo não foi possível descrevê-lo em termos de sua função nesse modelo.

luzes de cores e intensidades que facilitem o acesso ao uso do equipamento), além de um sistema de liberação de nota fiscal para garantia do cliente, principalmente caso haja algum problema com a máquina ou a latinha de refrigerante. A transcrição a seguir evidencia esses elementos descritos anteriormente:

> **Fernanda (G1):** Primeiro, ao receber a moeda, acontece a identificação se a nota é verdadeira ou a moeda é verdadeira, se necessário o troco será liberado ao cliente. Logo após, acende-se luzes azuis claras para selecionar os sabores, logo terá uma programação para desbloquear a saída do refrigerante a qual é curva e liberada por mola, sem danificar a garrafa ou lata. A máquina dará nota fiscal. A máquina tem escritas Braille para pessoas cegas poderem utilizá-las e as luzes são para pessoas com dificuldade de enxergar.

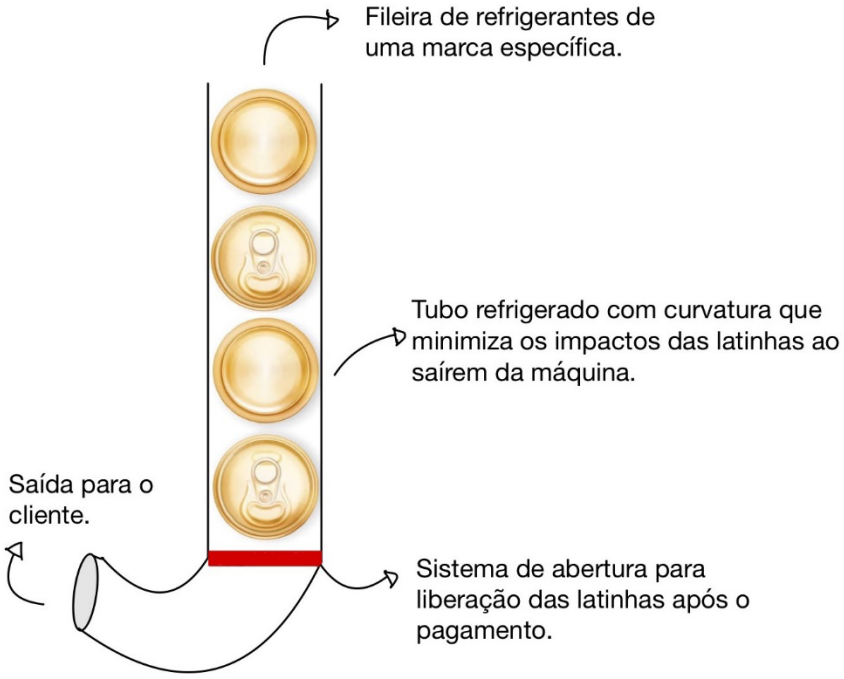
Após a socialização do modelo pelo G1, a professora questionou os estudantes sobre como os deficientes visuais saberiam se a operação foi ou não concluída. Neste momento, Fernanda (G1) introduziu uma nova consideração ao modelo, sugerindo: “Aí ia ter que ter um barulho, né?”. Durante seus questionamentos subsequentes, a professora indagou Fernanda (G1) sobre a razão de terem considerado as necessidades de pessoas cegas na elaboração do modelo. Em resposta, a estudante explicou que “nunca se sabe quem vai usar a máquina e, se uma pessoa com uma deficiência específica vier usá-la, ela não conseguiria operá-la” (referindo-se a máquinas comuns sem acessibilidade).

Ao passar a palavra para os demais grupos para esclarecerem dúvidas e contribuírem para o modelo do G1, Ana (G2) levantou uma questão relacionada à temperatura de refrigeração da máquina. Ela observou que, com base no desenho na lousa (Figura 11), poderia haver variação na refrigeração das latinhas, uma vez que estariam em posições distintas na máquina. Algumas estariam próximas ao chão (com temperatura mais elevada), enquanto outras estariam mais acima (com temperatura mais baixa). Durante essa discussão, Fernanda (G1) procurou explicar algumas das limitações evidenciadas no desenho apresentado na lousa.

Diante da falta de esclarecimento em relação à dúvida apresentada, Fernanda (G1) dirigiu-se novamente à lousa e elaborou uma nova representação (Figura 12) do sistema interno da máquina. Nessa explicação, detalhou (i) a disposição das latas de refrigerante; (ii) a distância dos tubos de refrigeração em relação ao solo, assegurando uma temperatura constante para todas as latinhas; e (iii) a minimização do impacto da

evasão das latinhas dos tubos de refrigeração devido à curvatura final, que amorteceria o impacto até sua retirada pelo cliente.

Figura 12 – Mecanismo do modelo do G1 de evasão das latinhas de refrigerante empilhadas por meio de tubos refrigerados.



Fonte: Elaborado pelos estudantes do G1 e adaptado pelos autores[9].

Nesse contexto, a socialização da Atividade 1 revelou-se fundamental, proporcionando aos estudantes a oportunidade de expressarem suas primeiras ideias sobre o modelo para a máquina de refrigerantes. Durante essa expressão, destacou-se o aspecto da *representação*, evidenciado em todas as interações verbais, especialmente quando os grupos apresentaram seus modelos por meio de desenhos nos registros escritos e ao se dirigirem à lousa para explicar cada componente de seus modelos. Essa ênfase na *representação* era esperada dada a natureza da atividade que busca evidenciar as etapas de *criação* e *expressão* dos modelos.

Outro aspecto fundamental observado na compreensão da NdC está diretamente vinculado aos *modos de comunicação*, pois as diversas formas utilizadas pelos estudantes para expressarem suas ideias são também empregadas por eles para comunicar o funcionamento do modelo inicial. Este fenômeno torna-se mais claro

[9] As adaptações feitas nessa representação foram necessárias, pois os estudantes não fizeram seu registro escrito (impossibilitando a captura de uma imagem do próprio desenho realizado por eles), mas durante a socialização de seu modelo realizaram o desenho na lousa.

quando aplicamos a perspectiva da modelagem, visto que percebemos que a etapa de *expressão* do modelo é essencial para manifestar todo o processo epistêmico envolvido na produção do conhecimento, visando externalizar as relações cognitivas estabelecidas no modelo mental e nos objetivos atribuídos ao modelo. Assim, as Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 exibem claramente esse aspecto, por serem os modos de representação utilizados pelos estudantes na forma de desenhos. Nesse contexto, o aspecto da *representação* trouxe contribuições importantes, como evidenciado na apresentação da primeira sessão conduzida pelo G3, principalmente no que diz respeito à necessidade de utilizar variados modos de representação para tornar o modelo mais compreensível.

Essa fase do processo destacou a importância de ter acesso claro aos métodos utilizados para explicar um fenômeno ou conhecimento. Isso facilita a participação em discussões que abordam dúvidas, sugestões, erros e alcances do fenômeno ou conhecimento que se pretende compreender. Assim como a *representação* auxiliou na expressão dos modelos de todos os grupos, ela também contribuiu para que os estudantes manifestassem, ao longo de todas as sessões de fala, o aspecto das *interações entre cientistas*. Isso ocorre nos momentos em que a professora solicita que os grupos que estão como ouvintes em determinada sessão expressem suas dúvidas ou questionamentos sobre a validade do modelo apresentado. Também ocorre quando a própria professora questiona os grupos sobre o funcionamento e a aplicabilidade do modelo. Para ilustrar essa manifestação, selecionamos um trecho de cada sessão. Na primeira sessão, observa-se que o G3 é questionado por Fernanda (G1) sobre como o modelo deles identificaria a falsificação de dinheiro.

Sessão 1 (socialização do G3)

> **Professora:** Então, o que vocês acharam? [...] Tem alguma coisa ali que vocês acham que não está explicado?
>
> **Fernanda (G1):** Como eles fazem para verificar se as notas ou moedas são verdadeiras?
>
> **Sofia (G3):** No caso das moedas é muito difícil ocorrer falsificação, mas as notas já possuem um código, então, provavelmente no banco eles têm um mecanismo para verificar o código da nota.

Nas segunda e terceira sessões, os trechos selecionados giraram em torno de como os mecanismos internos da máquina fazem com que a latinha de refrigerante seja selecionada e entregue ao cliente:

Sessão 2 (socialização do G2)

Ana (G2): Assim que você coloca o dinheiro, aperta o botão para a máquina saber que você já passou o dinheiro e quanto ela vai dar de troco. Assim que ela devolver o troco, o sistema vai liberar a alavanca que vai permitir a descida de uma lata específica, aí a alavanca vai subir de volta, ela vai ficar tendo esse trabalho de sobe e desce.

Carla (G1): Mas ela vai descendo e não vai tampar a passagem não? Porque está parecendo que a alavanca é maior do que a tampa.

Ana (G2): Não! O desenho que está ruim mesmo. Vocês já viram as geladeiras tipo frigobar? Ela já tem o formato certinho da latinha, você encaixa e já vai para o fundo e elas ficam deitadas. Aqui é uma representação, por isso elas estão em pé. [...] Essas latinhas estão deitadas e a alavanca permite a passagem delas. Ela vai travar à medida que vai passando.

Sabrina (G3): Só não entendi como a latinha vai descer.

|...|

Ana (G2): Tem a saída e depois um tubo (*mostrando desenho na lousa*) a latinha vai ficar assim: uma latinha aqui, outra latinha atrás, outra latinha atrás e aí, fez o pagamento, a alavanca libera e a latinha desde. Aí a outra vem para cá. Aí vai repetir esse procedimento para outra latinha, entendeu?

PQ2: Mas ela vai cair de uma vez?

Ana (G2): Não, porque senão ela ia estourar. Primeiro que esse tubo é emborrachado.

Sessão 3 (socialização do G1)

|...|

Ricardo (G1): Deixa te explicar [...] supondo que tenhamos apenas 3 sabores, teriam então 3 prateleiras na parte de cima e sobraria um espaço vazio na parte de baixo (aponta para o local de retirada do refrigerante pelo cliente), então a refrigeração seria certa para as 3 prateleiras.

Ana (G2): Então essa parte de baixo ia ficar vazia?

Ricardo (G1): Sim!

Júlia (G3): Mas aí o impacto não seria maior?

Ricardo (G1): Não, porque o espaço seria muito curto. As latinhas estão em fileiras, então vai liberando uma latinha de cada vez (*gesticula mostrando como as latinhas saem do tubo curvado pelo modelo da figura 5*), o impacto seria pequeno.

As interações entre os grupos resultaram em trocas produtivas, visto que, em diversas ocasiões, os estudantes se engajaram em debates sobre limitações relacionadas a determinados componentes. Além disso, foram desafiados a defender seus modelos utilizando elementos essenciais oferecidos pela *representação*, uma vez que a forma escolhida pelos três grupos foi a expressão por meio de desenhos.

A dinâmica fica mais clara ao observarmos as representações internas da máquina feitas pelo G3 e G1 para elucidar as dúvidas apresentadas nos sistemas de recepção de moedas e de evasão das latinhas, respectivamente. É interessante notar que esses grupos optaram por diferentes representações para o mesmo modelo, sendo suas funções completamente distintas. Enquanto um buscou destacar características e funções externas da máquina, o outro procurou explicar compartimentos e sistemas internos. Essa abordagem fez-se necessária devido à visão limitada que uma única representação proporcionaria para abordar as dúvidas levantadas pelos grupos ouvintes.

Analisando sob uma nova perspectiva, foi possível identificarmos a manifestação do aspecto *falibilidade* da Sociologia da Ciência, especialmente durante as sessões 1 e 2. Tornou-se evidente a relevância da socialização entre os grupos na identificação dos possíveis erros presentes nos modelos, uma vez que estavam imersos em um contexto integrado por um grupo social cujo objetivo era validar as propostas dos modelos em questão.

Paralelamente à *falibilidade*, também identificamos o aspecto da *aceitabilidade*. Isso se deve à natureza da interação entre os grupos, onde, mesmo diante de limitações em seus modelos, procuraram defender e persuadir ao máximo por meio das representações e explicações a utilidade de seus modelos para demonstrar todas as etapas e mecanismos, tanto internos quanto externos, do funcionamento de uma máquina de vender refrigerantes.

Para reforçar essa reflexão, temos o exemplo do G3 ao apresentarem seu modelo e não conseguir explicar como ocorre a falsificação das notas de dinheiro, quando questionado por outros grupos. Esse episódio confirma a manifestação da *falibilidade*, pois houve uma tentativa de defesa ao tentarem introduzir um novo instrumento ao modelo, visando torná-lo capaz de identificar a falsificação das notas de dinheiro. Essa tentativa expressa simultaneamente o aspecto da *aceitabilidade*. O trecho a seguir mostra uma continuação do diálogo apresentado anteriormente na sessão 1 entre a professora e Sofia (G3), onde a estudante propõe o laser como um novo mecanismo integrado à máquina, com a função de verificação e autenticação da nota inserida pelo cliente:

> **Professora:** Tipo, no contador de notas já vai verificando se a nota é falsa ou não?
>
> **Sofia (G3):** Ou então pode ser na hora que você está colocando (*refere-se à nota*), algo como um laser. Assim que faz a leitura. Aí, antes dela (*refere-se à nota*) entrar ele (*refere-se ao contador de notas com o laser*) já verifica se é falso ou não.

No contexto desse mesmo diálogo, observamos a manifestação de uma Questão/Reflexão que gerou Revisões nos Modelos dos estudantes (QRM). Enquanto o G3 tenta explicar a necessidade do laser para a verificação de notas falsas, a professora percebe imediatamente que esse novo componente foi introduzido naquele momento. Assim, trata-se de um aprimoramento ao modelo resultante da socialização das ideias iniciais. Essa observação fica evidente quando a professora diz:

> **Professora:** Mas vocês estão incorporando isso agora, né?
>
> **Sofia (G3):** Sim! A gente nem lembrou disso, da falsidade na nota.

Esse tipo de questionamento realizado pela professora, seguindo o padrão da QRM, aliado ao contexto em que foi feito – um momento que permitia a troca de sugestões e críticas entre os grupos – iniciou a etapa de teste do modelo, mesmo que a atividade em si não estivesse centralizada nessa fase específica. No entanto, o processo de modelagem transcende essa visão mais estrita, pois sua dinamicidade propicia a formação de outras conexões entre as etapas que o constituem (Gilbert; Justi, 2016), geralmente ocorrendo em agrupamentos de etapas, como neste caso, onde a *criação* (a mentalização em tempo real para discutir características de seus modelos, bem como a organização de cada componente da máquina de refrigerantes), a *expressão* (os variados modos de representação utilizados para que os modelos fossem compreendidos) e o *teste* (o momento em que os estudantes são confrontados durante a socialização de elementos ou da própria funcionalidade do modelo) se amalgamaram em uma única atividade.

É importante destacar que o aspecto da *falibilidade* discutido anteriormente emerge exatamente devido à possibilidade que a etapa de teste atribui ao contexto, caracterizando a relevância entre as atividades e a manifestação de aspectos de NdC.

Adicionalmente, observamos a presença do aspecto *objetivos* da Comunicação da Ciência. Além do contexto da socialização exigir que os estudantes validassem seus modelos, eles também precisaram defender suas ideias e se apropriarem da

persuasão, buscando transmitir o máximo de confiança possível por meio dos modelos construídos. Essas características nos permite inferir, pela lente da Sociologia, que o aspecto da *aceitabilidade* se manifesta exatamente nas mesmas intenções, porém em um contexto social. Os estudantes, naquele momento, participavam de uma simulação que exemplificava como cientistas trabalham dentro da Ciência. Logo, tinham o propósito de tornar seus conhecimentos aceitos por aquele grupo social de estudantes que estavam discutindo sobre um mesmo assunto:

> **Ana (G2):** Assim que você coloca o dinheiro, aperta o botão para a máquina saber que você já passou o dinheiro e quanto ela vai dar de troco. Assim que ela devolver o troco, o sistema vai liberar a alavanca que vai permitir a descida de uma lata específica, aí a alavanca vai subir de volta, ela vai ficar tendo esse trabalho de sobe e desce.
>
> **Carla (G1):** Mas ela vai descendo e não vai tampar a passagem não? Porque está parecendo que a alavanca é maior do que a tampa.
>
> **Ana (G2):** Não! O desenho que está ruim mesmo. Vocês já viram as geladeiras tipo frigobar? Ela já tem o formato certinho da latinha, você encaixa e já vai para o fundo e elas ficam deitadas. Aqui é uma representação, por isso elas estão em pé. [...] Essas latinhas estão deitadas e a alavanca permite a passagem delas. Ela vai travar à medida que vai passando.

Dentro do mesmo diálogo, é notável a expressiva presença do aspecto *epistemologia*, evidenciado pelo cuidado de Ana (G2) ao detalhar cada uma das etapas associadas ao funcionamento da máquina. Alguns aspectos intrínsecos ao processo de modelagem, como a *epistemologia*, tornam-se fundamentais no desenvolvimento do conhecimento científico (Campbell *et al.*, 2019), uma vez que possibilitam a elaboração de um modelo epistêmico criado por meio de uma prática científica, como a modelagem, atribuído ao funcionamento da máquina de refrigerantes.

Assim, ao longo do processo, os estudantes precisaram determinar critérios e objetivos presentes no modelo, identificar as etapas necessárias para a entrega do refrigerante ao consumidor, compreender o funcionamento interno de cada compartimento do modelo, bem como compreender os limites e possibilidades do conhecimento criado. Vale destacar que Ana (G2) conseguiu apresentar elementos tanto externos quanto internos do modelo, proporcionando uma visão abrangente do equipamento e detalhando cada etapa a ser realizada pelo consumidor.

No caso do G1, a *racionalidade* se fez presente quando Fernanda (G1) apresentou um conjunto de elementos complementares aos modelos anteriores. Destacam-se, por exemplo, o funcionamento detalhado do sistema de refrigeração e, consequentemente, do sistema de entrega do refrigerante por meio de tubos refrigerados e alavancas que liberariam o refrigerante ao cliente mediante a confirmação do pagamento (Figura 12).

No mesmo contexto da socialização, a influência sociopolítica se fez presente na apresentação do G1, pois os estudantes demonstraram preocupação com questões relacionadas à acessibilidade para o público que utilizaria o equipamento. Dessa forma, incorporaram diversas funcionalidades voltadas para atender às necessidades das pessoas cegas, como o uso do braile nos botões externos e um sistema sonoro que acompanhava cada etapa do processo de compra do refrigerante. Além disso, implementaram luzes com cores e intensidades diferentes, considerando pessoas com algum grau de fotofobia ou daltonismo. Outra medida inclusiva foi a entrega de nota fiscal, visando resguardar o cliente em caso de defeitos na entrega do refrigerante.

Diante dos elementos apresentados no modelo do G1, a professora interpelou o grupo com uma QRM, instigando-os sobre como uma pessoa cega saberia se as etapas iniciais de escolha e pagamento do refrigerante foram concluídas, uma vez que, inicialmente, essas etapas contavam apenas com a função braille nos botões externos. Essa questão demonstrou uma intencionalidade para explorar o aspecto *falibilidade* da Sociologia da Ciência, uma vez que abordou as ações que o G1 adotaria para resolver essa questão, bem como os impactos que a resposta apresentada pelos estudantes teria para o público cego. Além disso, a questão buscou identificar as limitações que o modelo apresentava até aquele momento, sendo confirmadas quando a própria Fernanda (G1) enfatizou que, para esse caso, seriam necessários avisos sonoros para as pessoas cegas.

Após essa fala, a professora propôs uma Questão/Reflexão Metacientífica (QMT) que visava compreender as escolhas feitas pelos estudantes para um determinado conhecimento ou etapas das atividades que estavam realizando. Mais do que isso, esse tipo de questão revelou as visões que os estudantes possuíam sobre a própria Ciência e o processo de produção de conhecimento científico. Além disso,

essa mesma questão trouxe consigo o aspecto *influência motivacional*, buscando traduzir a natureza das motivações dos estudantes ao enfatizarem a acessibilidade em seu modelo. Essa escolha pode ser de natureza intrínseca ou extrínseca ao contexto do grupo, destacando a importância que tais influências exercem na produção do modelo e no conhecimento científico nele embutido.

A resposta fornecida pelos estudantes do G1 para essa questão revelou suas motivações ao adotarem principalmente uma perspectiva social para o contexto da pergunta. Segundo o grupo, “nunca se sabe quem vai usar a máquina”. Nesse caso, eles destacaram a importância do acesso que as pessoas com determinadas deficiências teriam caso a máquina não incorporasse a acessibilidade necessária para que pudessem utilizá-la como qualquer outra pessoa. Assim, o aspecto que atribuímos a essa fala refletiu a *influência sociopolítica*, pois os estudantes buscaram garantir equidade para todos os consumidores do produto.

Além disso, vinculado a esse mesmo senso de equidade, podemos considerar uma visão econômica no contexto da fala dos estudantes. Em seguida, o G1 afirma: “[...] se uma pessoa com certa deficiência específica chegar para usar, ela não conseguiria usar a máquina”. Em outras palavras, sem a implementação dessas ideias, o acesso ao produto estaria limitado a um grupo específico de pessoas, o que poderia reduzir a rentabilidade na venda dos produtos. Dessa forma, o aspecto de NdC que melhor representa essa análise é a *produtividade*, pois se trata de uma proposição que visa maximizar o interesse em obter lucro.

Durante a socialização do modelo do G1, assim como nos demais grupos, a professora permitiu que os estudantes avaliassem as contribuições do G1. No entanto, em contraste com as outras apresentações, a professora introduziu uma QRM originada a partir das discordâncias entre Ana (G2) e a representante do G1, Fernanda. A pergunta foi formulada da seguinte maneira: “Isso já supera a questão que você colocou, ou não?”. Nesse momento, a questão à qual a professora se referiu estava relacionada ao debate envolvendo o mecanismo de refrigeração dentro da máquina. Do ponto de vista de Ana (G2), o modelo dos colegas (G1) possuía uma limitação, pois não apresentava evidências de que a temperatura dos refrigerantes seria uniforme. Ana (G2) argumentou que os refrigerantes mais próximos à parte

inferior da máquina, por estarem mais próximos do chão, teriam uma temperatura maior do que os demais, que estivessem na parte superior da máquina.

É interessante observar que a questão gerada pela professora surgiu após as reflexões apresentadas por Ana (G2) sobre o modelo do G1, proporcionando uma avaliação da confiabilidade do sistema de refrigeração evidenciado na apresentação do G1. Portanto, o contexto desse evento permitiu a manifestação do aspecto *aceitabilidade*, a partir da questão da professora. Do ponto de vista do debate entre os estudantes, percebemos a manifestação inicial do aspecto *objetividade*. Durante todo o debate, não houve dúvidas ou dificuldades por parte do G1 em responder aos questionamentos dos demais grupos. Nesse sentido, dentro da perspectiva da Psicologia da Ciência, uma característica importante de um cientista está na sua capacidade de ser focado e direto na solução de etapas relacionadas ao processo de produção de conhecimento científico. Essa afirmação fica evidente no diálogo a seguir:

> **Ana (G2):** [...] por exemplo, se a máquina tem 2 metros, em cima não vai ter pessoas andando, tem ar. Embaixo vai ter concentração de gente, tem pessoas andando, tem o chão, o próprio solo (refere-se a diferença de temperatura entre as regiões da máquina).
>
> **Fernanda (G1):** Mas a máquina não está em contato com o chão, isso aqui é só uma representação. Quando você vai pegar a latinha, você não abaixa até o chão, você a pega mais no alto.
>
> **Ana (G2):** Mas todo mundo sabe que a máquina fica no chão.
>
> **Professora:** Isso já supre a questão que você colocou ou não?
>
> **Ana (G2):** Não.
>
> **Ricardo (G1):** Deixa te explicar [...] supondo que tenhamos apenas 3 sabores, teriam então 3 prateleiras na parte de cima e sobraria um espaço vazio na parte de baixo (aponta para o local de retirada do refrigerante pelo cliente), então a refrigeração seria certa para as 3 prateleiras.
>
> **Ana (G2):** Então essa parte de baixo ia ficar vazia?
>
> **Ricardo (G1):** Sim!
>
> **Júlia (G3):** Mas aí o impacto não seria maior?
>
> **Ricardo (G1):** Não, porque o espaço seria muito curto. As latinhas estão em fileiras, então vai liberando uma latinha de cada vez (*gesticula mostrando como as latinhas saem do tubo curvado pelo modelo da Figura 12*), o impacto seria pequeno.

No mesmo evento transcrito acima, o aspecto da *representação* surgiu novamente devido à necessidade que o G1 teve de detalhar como seria o processo de refrigeração e entrega do produto ao cliente sem que as latinhas fossem danificadas com a queda. O mesmo ocorreu com o G3, que apresentou uma segunda representação da parte interna do seu modelo para explicar os métodos de funcionamento do sistema de contagem de dinheiro envolvendo moedas. Fica claro como a condução das atividades foi fundamental para que tais aspectos surgissem ao longo da atividade. Além disso, a própria natureza das atividades de modelagem colaboraram para que determinados aspectos de NdC fossem mais evidentes, especialmente em conjunto com as questões da professora e/ou pesquisadoras (Tomasello, 2019).

O que afirmamos neste momento é que determinados aspectos estão profundamente integrados uns com os outros. Por exemplo, durante a socialização dos protomodelos, todos os grupos evidenciaram claramente os objetivos e finalidades de seus modelos, demonstraram determinação e foco na busca de soluções para a atividade proposta, foram transparentes quanto a todos os elementos presentes em seus modelos e mantiveram as discussões centralizadas nos modelos que elaboraram durante quase todo o tempo. Por fim, acreditamos que essas relações fazem e fizeram diferença no percurso desta análise, visto que determinados aspectos são explicitamente identificados apenas quando se analisa o contexto em que as questões da professora e/ou pesquisadoras foram feitas. Se analisássemos as manifestações imediatamente após as intervenções, em alguns casos, não seríamos capazes de identificar de forma explícita a manifestação de aspectos de NdC.

A *criatividade* foi outro aspecto claramente evidenciado durante o evento de socialização, pois cada grupo apresentou elementos inovadores na criação de seus modelos para a máquina de refrigerantes, mesmo sendo um equipamento pouco usual no contexto dos estudantes e sem entrega de dados ou informações adicionais sobre a máquina. O fato de cada grupo ter apresentado características peculiares, tornando o modelo único, ressaltou o aspecto da *criatividade*. Esse elemento foi identificado ao longo da socialização de cada modelo, em cada sessão de fala do evento.

Na primeira sessão de fala, o G3 focou sua discussão no sistema de pagamento, especificamente no sistema interno de contagem de moedas[10]. Diferentemente de alguns sistemas eletrônicos e caseiros, o G3 propôs um método que utiliza não apenas o tamanho da moeda como referência, mas também o peso, já que as moedas não são feitas do mesmo material. Na segunda sessão de fala, o G2 apresentou como característica única um elevador que permitiria o encaixe perfeito da lata, evitando assim problemas na entrega do produto ao cliente, como latas amassadas ou erupção do refrigerante no momento da abertura, uma vez que as latas estariam praticamente imobilizadas. Já na última sessão de fala, o G1 inovou no quesito acessibilidade, apresentando em seu modelo vários elementos que ajudariam pessoas cegas ou com algum problema visual no uso da máquina. Desse modo, tais características estão alinhadas às definições para esse aspecto apresentadas no MoCEC v.2 (Santos *et al.*, 2020), que dizem respeito à capacidade de inventar, criar ou inovar a partir de algo pré-existente.

No final da socialização, a professora e a PQ2 levantaram questões e reflexões por meio de uma QRM. A professora indagou se os demais grupos haviam considerado o sistema de refrigeração na elaboração de seus modelos, sendo que apenas o G1 havia explicitado esse componente. Essa questão levou os estudantes a refletirem sobre a ausência de um elemento essencial que deveria ter sido incluído em seus modelos, uma vez que a refrigeração é fundamental para o funcionamento de uma máquina de refrigerantes. Assim, a revisão nos modelos ocorreu nesse momento, durante o processo de socialização, com a realização das etapas de *teste* e *avaliação* da modelagem.

A questão da professora enfatiza: (i) a compreensão do motivo pelo qual os estudantes dos grupos 2 e 3 não representaram a refrigeração em seus modelos e (ii) a identificação de uma falha nos modelos. Nesse contexto, o aspecto que resume as

[10] O sistema que foi indicado pelo G3 é muito semelhante ao que é apresentado no vídeo “como fazer um separador de moedas caseiro” divulgado em 2020 pelo canal do YouTube Manual do Mundo. O vídeo em questão, apresenta exatamente várias características que os estudantes desse grupo enfatizaram em seu modelo, como por exemplo, os compartimentos de coleta de cada uma das moedas utilizando como referência o tamanho de cada uma delas. O vídeo está presente no seguinte link: https://www.youtube.com/watch?v=zkowgEg9zh4. O intuito desse vídeo é apenas demonstrar a peculiaridade desse grupo ao enfatizar esse sistema de pagamento utilizando não apenas o critério do tamanho que cada moeda possui, mas inovaram em adicionar a verificação pelo peso final que teria cada compartimento para saberem qual o valor da moeda.

intenções da professora reflete a *racionalidade*, pois ela busca entender os raciocínios dos estudantes. A identificação da limitação pode representar a *falibilidade*, da Sociologia da Ciência, ao instigar os estudantes a refletirem sobre a falha e como agiriam em grupo diante dela.

A PQ2 interveio adicionando mais uma QRM à questão inicial da professora, destacando o aspecto da *representação*: “Mas se vocês dessem para uma pessoa fazer [...] e não tivesse escrito refrigeração, a pessoa teria que deduzir?”. Essa questão estimulou os estudantes a refletirem sobre a necessidade de explicitar todos os elementos do modelo, mesmo que pareçam óbvios aos olhos de quem os constrói, uma vez que os modos de interpretar um modelo podem ser subjetivos. A PQ2 concluiu: “se você só pega o projeto e vai fazer só aquilo que está lá, aquilo que parece ser óbvio, pode não ser”. A fala da PQ2 buscou refletir com os estudantes sobre a importância de explicitar com clareza as características do modelo para estabelecer uma comunicação eficaz com o público-alvo. Essa intencionalidade é compreendida pelo aspecto *modos de comunicação*, que traduz a maneira como os cientistas utilizam diferentes modos de representação para comunicar suas ideias aos seus interlocutores e ao público em geral, que também se apropria dessas representações para compreender o modelo.

Quando Sofia (G3) respondeu à primeira questão feita pela professora sobre se os estudantes haviam pensado na refrigeração em seus modelos, mencionando que “a gente considerou refrigeração, só não pensamos em falar sobre ela”, a fala da estudante explicitou o aspecto *falibilidade*. Isso evidenciou a consciência dos estudantes sobre a limitação em não terem abordado um elemento crucial, mostrando reconhecimento de uma possível falha em seu modelo. Além disso, a intervenção da PQ2 enfatizou a importância dos aspectos *representação* e *modos de comunicação*, o que repercutiu na percepção sobre a necessidade de alteração nos modelos pelos estudantes, refletindo o aspecto *representação*.

Analisando o processo de modelagem, destaca-se que os aspectos *falibilidade*, *representação* e *modos de comunicação* estão mais intrinsecamente relacionados às etapas de *teste* e *avaliação*. Observa-se uma recorrência desses aspectos quando os estudantes tiveram que testar e/ou avaliar seus modelos, o que repercutiu na reformulação dos mesmos. Esse momento crítico de revisão é fundamental para o

desenvolvimento da compreensão dos estudantes sobre as limitações de seus modelos e a importância de expressar claramente suas ideias.

A professora, ao encerrar a Atividade 1, introduziu uma Questão/Reflexão envolvendo o Processo de Modelagem (QPM). Essas questões foram categorizadas considerando momentos nos quais as discussões visavam compreender a percepção dos estudantes sobre o processo vivenciado. Essas questões apareciam geralmente ao final das atividades, consolidando conhecimentos ou partes do próprio processo de construção de modelos, ou no início das mesmas[11], recapitulando situações ou conhecimentos discutidos anteriormente, mas que refletiam sobre o processo em si de elaboração dos modelos. Essa dinâmica é observada ao longo do estudo de caso, sendo influenciada pelo que é manifestado pelos estudantes. O diálogo a seguir ilustra esse perfil, quando a professora enfatizou a importância da socialização dos modelos na identificação de possíveis limitações:

> **Professora:** Pessoal, dos três modelos apresentados, vocês viram que à medida que iam sendo apresentados, eles também foram sendo modificados. Por quê?
>
> **Carla (G1):** Porque foram sendo identificados problemas.
>
> **Professora:** Então a gente viu limitação, viu que algumas coisas davam para mudar, coisas que vocês não pensaram antes e uma outra pessoa pensou diferente e considerou uma outra coisa.

Do ponto de vista da professora, identificamos alguns aspectos de NdC associados às duas QPM que ela manifestou. Na primeira QPM, destaca-se o aspecto de *limitação*, pois a questão buscou investigar qual a percepção dos estudantes diante dos ajustes necessários que se apresentaram durante a socialização dos protomodelos. A resposta da Carla (G1) manifestou características do aspecto *limitação*, pois ela ressaltou a ocorrência de “problemas” em seus modelos, acarretando as modificações indicadas pela professora. A professora, ao fechar essa parte da discussão, trouxe à tona o aspecto da *não linearidade do pensamento*, enfatizando como pensamentos e ideias distintas contribuíram para a conscientização da necessidade de modificações nos modelos. Esse aspecto discute como os

[11] No caso da Atividade 1, não foram identificadas nenhuma QPM ao início, já que seria o primeiro contato dos estudantes com o processo de modelagem, ou seja, os estudantes não tiveram, até o momento da aplicação da pesquisa, nenhum contato com atividades envolvendo a modelagem. Além disso, não houve nenhuma atividade anterior a essa que fosse possível alguma intervenção da professora e/ou pesquisadoras com o caráter de uma QPM.

caminhos do pensamento de um cientista podem se modificar, seja pela influência (interna ou externa) ou mesmo pelo aspecto da interação entre cientistas, como identificado nessa reflexão final da professora.

Além disso, é interessante observarmos como o vínculo entre os aspectos *interação entre cientistas* e *não linearidade do pensamento* levou a uma ligação com o aspecto *limitação*, uma vez que, ao identificarem as falhas ou equívocos do modelo, foram necessárias trocas de ideias entre os estudantes para o desenvolvimento do modelo. Essa análise explicita a ocorrência de um mesmo evento permitindo a manifestação de mais de um aspecto de NdC, conforme previsto por Santos *et al.* (2020). Além disso, essa conectividade entre os aspectos reforça a riqueza da própria visão sobre Ciências, já que as interconexões começam a ser inevitáveis diante da complexidade do próprio contexto.

Na finalização da Atividade 1, a professora conduziu esse momento com uma QRM, permitindo a manifestação das visões dos estudantes sobre aspectos econômicos de seus modelos. Essa reflexão sobre o papel econômico atribuído ao modelo se encaixa dentro de um processo de revisão do mesmo, no sentido de que os estudantes precisaram averiguar a existência ou não dos objetivos da atividade. Assim, a QRM desempenhou um papel crucial nesse processo de validação do protomodelo.

Inicialmente, o questionamento feito aos estudantes foi qual dos modelos (G1, G2, ou G3) seria o mais viável para explicar o funcionamento da máquina de refrigerantes. Essa foi uma questão significativa na atividade de modelagem, pois concluiu o processo vivenciado e destacou a importância de uma continuidade desse processo, em decorrência das limitações que foram identificadas. Normalmente, essas questões são abordadas no encerramento de cada atividade, com o objetivo de concluí-la, como foi feito. A importância atribuída a esse tipo de questão depende da perspectiva dos estudantes em relação ao modelo construído, ou seja, se eles acreditam, por exemplo, que o modelo é perfeito e explica integralmente o funcionamento real de uma máquina de vender refrigerantes. Portanto, tais questões nesse contexto contribuem para a introdução da ideia de que todo modelo possui limitações inerentes ao representar seu objeto de estudo e, portanto, precisam ser testados e ainda avaliados em um contexto mais amplo.

Nesse contexto, ao analisar a abordagem da professora, podemos observar que ela não priorizou o aspecto da *viabilidade*, embora utilize o termo “viável”, como apresentado a seguir: “Vocês aqui! Acham que o modelo de vocês é mais viável do que os dos outros grupos?”. Desse modo, o aspecto *representação* torna-se mais adequado ao contexto da pergunta, já que as intenções da professora durante o evento estão mais relacionadas à obtenção da opinião dos estudantes sobre qual dos modelos representou melhor a situação, ou seja, qual é o modelo mais eficaz.

Por outro lado, Fernanda (G1) abordou a questão sob a perspectiva econômica, afirmando que o modelo de seu grupo não seria “viável economicamente” devido à grande quantidade de elementos que aumentariam seu custo de produção. Contudo, para Fernanda (G1), o modelo do G3 seria mais viável, uma vez que apresentava um sistema mais simples, resultando em menor custo agregado.

Nesse contexto, um dos aspectos que se torna evidente é a *viabilidade*, destacada quando Fernanda (G1) realizou uma comparação entre a quantidade de características presentes em cada modelo. Com isso em mente, ao comparar o modelo desenvolvido pelo seu grupo com o modelo do G3, Fernanda (G1) enfatizou a discrepância nos investimentos necessários, devido ao nível de complexidade inerente a cada um. Isso incluiu variações nos tipos de componentes, no sistema da máquina (possivelmente abrangendo tanto software quanto hardware) e nas demandas materiais para a construção do protótipo.

É importante destacar que Fernanda (G1) considerou uma das características-chave que definem o aspecto da *viabilidade*. Isso ficou evidente quando ela avaliou o processo de construção dos modelos para justificar suas decisões sobre o investimento envolvido (Santos *et al.*, 2020). Além disso, é importante estabelecer uma conexão com o aspecto da *aplicabilidade*, uma vez que essa comparação também refletiu a ideia de que os modelos possuíam diferentes aplicações devido à consideração dos seus “processos de produção, desenvolvimento e/ou aplicação” sob a perspectiva dos investimentos econômicos necessários (Santos *et al.*, 2020, p. 600).

Dando continuidade à discussão, a professora complementou sua questão com a seguinte declaração: “Então, economicamente, o delas (G3) é o mais viável. Mas e no quesito funcionar?”. É evidente que a professora explorou explicitamente o aspecto

da *viabilidade*, que foi mencionado na fala anterior da Fernanda (G1) e, imediatamente formulou uma nova QRM. A natureza dessa nova pergunta é essencialmente a mesma da anterior, pois buscou avaliar a importância de certas características dos protomodelos, destacando assim a manifestação do aspecto da *falibilidade* da Sociologia da Ciência. Essa interpretação se tornou clara dentro do contexto das discussões anteriores, pois compreender a funcionalidade do modelo também implica entender suas falhas, justificando assim seu potencial para ser mais viável e aplicável, como já discutido anteriormente.

Essas relações entre aspectos de diferentes áreas do conhecimento estimulam uma visão mais ampla e consciente do processo vivenciado pelos estudantes e, por conseguinte, sobre a própria Ciência, assim como os caminhos percorridos para a produção de conhecimento científico. Essa é uma reflexão de muita importância, discutida por alguns autores (Allchin, 2014; Dagher; Erduran, 2016; Hodson, 2014a; Maia *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2020).

Logo, faz-se necessário retomarmos essa literatura, pois as manifestações da Ana (G2) à questão feita pela professora fizeram jus a essa reflexão. Em suas declarações, Ana (G2) fez uma distinção entre os possíveis contextos em que cada máquina teria maior usabilidade. Para a estudante, o modelo do G1, por ser mais sofisticado e apresentar elementos diversos ligados à acessibilidade, seria utilizado em locais mais luxuosos, portanto, a construção dessa máquina teria um maior custo de produção. Enquanto isso, para os modelos elaborados pelo G2 e G3, a estudante utilizou como justificativa a simplicidade e facilidade na troca de equipamentos, caso, por exemplo, a máquina do G3 sofresse algum defeito no sistema de contagem de notas/moedas. Desse modo, ela afirmou que esses dois modelos seriam utilizados em ambientes públicos, por gastarem menos dinheiro para serem construídos.

Nesse sentido, percebemos que ocorreram algumas interconexões entre aspectos, como é o caso da *produtividade*, que se manifesta quando Ana (G2) declara a obtenção de lucros em diferentes tipos de ambientes, que determinariam a escolha de um dos modelos. Além disso, o aspecto *investimento econômico* se conecta ao anterior, justificando a escolha de um dos modelos pelo financiamento necessário. Isto posto, ainda devemos considerar o aspecto *influência sociopolítica*, por este ser levado em consideração no tipo de local que cada máquina teria uma melhor

rentabilidade, uma (modelo do G1) em ambientes luxuosos e as demais (modelos do G2 e G3) em ambientes mais populares.

Nesse momento ficou claro que o objetivo da atividade foi plenamente realizado. Além disso, considerando o papel da modelagem, é evidente como a etapa de expressão retoma sua relevância nesse contexto. As questões levantadas pela professora colocaram os estudantes em uma posição de revisão dos objetivos de seus próprios modelos, mantendo assim a etapa de teste em atividade. Para que isso fosse elucidado, os estudantes tiveram que se manifestar verbalmente até que conseguissem consolidar as ideias da Atividade 1 com base em suas perspectivas ligadas a NdC, adquiridas durante o processo.

5.1.2. Atividade 2: Testando nossos modelos

Finalizadas as discussões da Atividade 1, a professora pediu para que os estudantes, de alguma forma, guardassem os questionamentos e contribuições feitos para os modelos de cada um dos grupos e iniciou a Atividade 2 (Testando nossos modelos – apresentada nos Anexos A). Nesta atividade, a atenção da professora e das pesquisadoras se concentrou em um momento de *teste* dos protomodelos dos estudantes. Durante esta etapa, os estudantes foram desafiados a analisar duas novas condições (Quadro 2) para seus modelos e, como resultado, submetê-los aos testes.

Quadro 3 - Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.

Condição	Observações
1. Deixar a máquina desligada da tomada e, em seguida, colocar a moeda.	O refrigerante não é servido.
2. Desligar a máquina da tomada por duas horas. Ligar novamente e colocar a moeda.	A máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a trabalhar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os comandos fornecidos nesta atividade foram bastante claros. No caso em que o modelo conseguiria explicar ambas as situações propostas, o grupo deveria elaborar argumentos persuasivos para convencer os outros grupos de que o

protomodelo atendia efetivamente aos requisitos da atividade. No entanto, se o protomodelo não fosse capaz de explicar as observações, os estudantes seriam incumbidos de reformular e adaptar seu protomodelo, apresentando todos os elementos adicionados ou removidos em relação ao modelo anterior. No entanto, é importante observar que todos os protomodelos necessitariam de ajustes para serem adequadamente adaptados às novas condições que teriam que representar.

Nesse contexto, os estudantes receberam duas instruções essenciais da professora, as quais os ajudaram a manter uma conexão com as experiências vivenciadas ao longo da Atividade 1. A primeira reflexão se manifestou através de uma QRM, quando a professora instruiu os estudantes a aproveitarem as discussões feitas durante a primeira socialização para que a correção dos pontos limitadores suscitados anteriormente. A segunda reflexão surgiu quando a professora, ao explicar a atividade, aconselhou os estudantes a analisarem minuciosamente seus protomodelos. Ela destacou que as especificações apresentadas anteriormente e que poderiam surgir devido às novas condições da Atividade 2, não exigiam que eles descartassem completamente seus protomodelos, mas sim que deveriam fazer ajustes conforme necessário.

Esse tipo de reflexão foi classificada como uma QPM, pois apresentar esse critério aos estudantes é parte fundamental do processo de modelagem, ou seja, a instrução, a necessidade de um olhar atencioso aos eventos anteriores e os que surgiriam, são um conjunto de estratégias que intencionalmente direcionam os estudantes a se manterem focados e ainda mais analíticos quanto à construção dos modelos, pois as condições da Atividade 2 trazem uma nova perspectiva.

Ao analisarmos os aspectos relacionados à NdC, notamos que a primeira reflexão abordou o aspecto *interação entre cientistas* e da *limitação*. Em outras palavras, os estudantes foram encorajados a considerar todas as contribuições e elementos apresentados durante a socialização entre os grupos para resolver os problemas identificados em seus modelos na Atividade 1 e enfrentar os desafios apresentados na Atividade 2. Essa abordagem visava superar as questões que limitavam o desempenho de seus protomodelos.

Por outro lado, a segunda reflexão introduziu o aspecto da *representação*, motivando os alunos a explicitar as modificações realizadas com base nas

considerações anteriores e em novas ideias que pudessem surgir. Em momentos específicos dessa nova atividade, tanto a professora quanto as pesquisadoras destacaram firmemente a necessidade de cumprir esse critério. Refletir sobre o efeito dessa intencionalidade por parte da professora e das pesquisadoras é discutir a importância do direcionamento em atividades de modelagem. Isso ocorreu porque, em níveis elevados de investigação, a falta desse direcionamento pode tornar o processo menos viável, levando os estudantes a se afastarem dos objetivos estabelecidos em cada atividade e do construto geral do conhecimento subjacente ao modelo (Andrade; Mozzer, 2016; Kawalkar; Vijapurkar, 2013; Tomasello, 2019).

Antes das intervenções da professora e das pesquisadoras, os estudantes tiveram uma oportunidade adicional para refletir sobre seus modelos e analisar os requisitos da nova atividade proposta. As novas condições impostas aos estudantes serviram como uma maneira de coletar novos dados, que, independentemente do tipo de máquina construída, foram baseadas em situações reais. Essa abordagem permitiu que os estudantes retomassem o contato com o alvo a ser modelado.

É importante destacar que as reflexões realizadas em grupo durante essa fase destacaram as etapas de *criação* e *expressão* dos modelos que foram testados. Vale ressaltar que a professora e as pesquisadoras não orientaram os estudantes a testarem seus modelos em nenhum momento. Isso foi feito deliberadamente para que os estudantes percebessem que estavam, de alguma forma, avaliando os limites (situações em que seria necessário ajustar os modelos devido à incapacidade de explicar seu funcionamento em condições reais) e as possíveis abrangências (caso em que os protomodelos fossem capazes de explicar as condições propostas na atividade) de seus modelos.

Essas ações destacam a natureza dinâmica e contínua do processo de modelagem, mesmo quando as atividades se concentram em uma etapa específica. Como já mencionado, a participação ativa da professora e/ou pesquisadoras ao inserir novos dados durante as discussões em grupo é crucial. Isso permite que os estudantes façam escolhas informadas sobre os conhecimentos a serem aplicados na explicação de fenômenos específicos. Essa abordagem foi evidenciada durante o *teste* do protomodelo, quando a PQ2, ao compreender as ideias apresentadas pelo G1, realizou intervenções pertinentes aos conhecimentos sobre a refrigeração da máquina de refrigerantes.

Uma das intervenções consistiu na reflexão sobre o aspecto da *limitação* do modelo, retomando as próprias declarações da PQ2 que enfatizaram a importância de os estudantes incorporarem elementos aparentemente óbvios, mas cruciais para o funcionamento da máquina de refrigerantes. Esses elementos, inicialmente negligenciados, foram trazidos à tona pela pesquisadora, estimulando uma reflexão no estilo de uma QRM em colaboração com os estudantes. O objetivo era conscientizá-los de que o modelo não conseguiria explicar a primeira condição da Atividade 2, devido à omissão de uma tomada ou gerador. Durante essa reflexão, ao analisar a segunda condição da atividade com o G1, a pesquisadora lançou outra QRM, questionando os estudantes sobre o que em seu modelo causava a demora para a máquina ligar.

Essas duas QRM surgiram da necessidade de ajustar os modelos, destacando a importância do aspecto da *limitação*. Além disso, o aspecto da *racionalidade* é evidente ao examinarmos as reflexões da PQ2 para cada condição da Atividade 2. Ambas as reflexões visaram incentivar os estudantes a pensar e agir de maneira lógica, estabelecendo conexões consistentes entre ideias. Por exemplo, ao analisar a primeira condição, é lógico concluir que, na ausência de energia, a máquina precisaria de um gerador para continuar funcionando. A necessidade de uma tomada acoplada à máquina também é crucial, pois sem essa fonte de energia, a máquina não poderia operar em nenhuma condição. No caso da demora na entrega do refrigerante, a explicação lógica fornecida pelo modelo do G1, conforme comunicado a PQ2 por Paulo (G1), destacou o papel crucial da refrigeração: “Por causa da refrigeração, porque quando ela ligar vai ligar esse mecanismo imediatamente, mas não vai refrigerar de uma vez”. Essa resposta ilustra também o aspecto da *racionalidade*, alinhando-se com as orientações da pesquisadora.

No mesmo contexto, Jussara (G1) introduziu o aspecto da *subjetividade* ao tentar argumentar com a PQ2 que o modelo de seu grupo também abordaria a segunda condição da atividade. Ela estava convencida de que a refrigeração se estabilizaria em toda a máquina imediatamente após ser reiniciada. O relato a seguir ilustra essa perspectiva:

> **Jussara (G1):** [...] o sistema está fechado! Na minha cabeça eu não consigo entender [...] Porque atrás da máquina existe um ventilador que joga o calor de dentro para fora do ambiente. E daí quando a

> máquina estiver desligada descerá uma tampa que fechará essa saída.

O aspecto da *subjetividade* tornou-se evidente quando Jussara (G1) expressou: “na minha cabeça eu não consigo entender”. Esse momento marcou a discordância da estudante em relação à interpretação da refrigeração em seu modelo. Isso revelou que seus argumentos estavam vinculados às suas concepções prévias, possivelmente relacionadas a conhecimentos anteriores sobre máquinas térmicas ou troca de calor com o ambiente. De acordo com Santos *et al.* (2020, p. 597), essas concepções podem variar entre as pessoas “e não necessariamente serem baseadas em uma lógica explícita”.

Em relação a esse evento, observa-se a presença de uma QCC, refletindo a ação da pesquisadora ao tentar auxiliar os estudantes a compreenderem que não existe um sistema termodinamicamente ideal que não perca calor para sua vizinhança. Nesse contexto, a PQ2 fez uma analogia usando o exemplo de um café dentro de uma garrafa térmica que resfria com o tempo, mesmo que a garrafa esteja bem vedada. No entanto, a reflexão da pesquisadora pode ser analisada também pela ótica da QCP, já que ela utilizou uma analogia cotidiana com a qual a maioria dos estudantes já teve contato. Isso impactou significativamente o grupo, não no sentido de incluir a refrigeração (ideia já atribuída desde a Atividade 1), mas sim na forma como conduziriam seus argumentos ao socializarem suas ideias em busca da aceitação pelos demais grupos.

Dentro desse contexto, a pesquisadora incentivou a manifestação do aspecto da *racionalidade*. Mesmo que o G1 já tenha incorporado um sistema de refrigeração em seu modelo, era crucial que os pensamentos lógicos e fundamentais para explicar esse mecanismo se baseassem em um sistema termodinâmico real, em vez de um modelo ideal.

A pesquisadora teve que examinar minuciosamente a lógica subjacente aos argumentos dos estudantes. A participação do G1 ressaltou a importância crucial da função do professor em orientar os estudantes, capacitando-os com as ferramentas necessárias para atingirem os objetivos propostos. Contudo, é imperativo evitar criar uma dependência total dos estudantes em relação às instruções das atividades, que são apenas guias ao longo do processo de modelagem. A garantia de que os estudantes apliquem conceitos, definições e conhecimentos de maneira precisa é

essencial nesse processo epistêmico. Diante disso, ressaltamos que as respostas às perguntas dos estudantes nem sempre emanam diretamente dos professores, mas sim por meio da mediação que ocorre ao incluir dados, fortalecer conhecimentos prévios, introduzir novos conhecimentos que auxiliem os estudantes na construção de seus modelos ou até mesmo ao apresentar novas perguntas que estimulem a investigação em torno de um determinado contexto.

Em um momento subsequente, a professora dirigiu-se ao G1 para que relatassem o progresso na resolução da atividade. Após considerarem as sugestões da PQ2, os estudantes informaram à professora que incluíram uma “portinha” em seu modelo, a qual impediria a entrada de moedas mesmo quando a máquina estivesse desligada. Isso indicou que o modelo deles abordaria a primeira condição. A professora prontamente percebeu que esse elemento não estava presente no protomodelo inicial do grupo e, para esclarecer sua percepção, questionou os estudantes sobre a inclusão prévia dessa “portinha”, enquadrando a pergunta como uma QRM. A intenção da professora era esclarecer as justificativas relacionadas aos aspectos de representação e limitação.

Entretanto, Camila (G1) afirmou que essa característica já havia sido incluída no modelo. Ao descrever o funcionamento desse mecanismo para a professora, Camila (G1) manifestou o aspecto da *racionalidade* ao empregar sua capacidade de raciocínio para articular pensamentos lógicos e coerentes. Ela demonstrou que o sistema efetivamente impediria a adição de moedas à máquina em uma situação de queda de energia. A professora considerou que essas afirmações, mesmo não tendo sido consideradas na Atividade 1, eram apropriadas e indicavam que, para a primeira condição, o modelo era mais abrangente, conseguindo explicar as observações apresentadas.

A conclusão apresentada pela professora pode ser interpretada como uma nova QRM, destacando a relevância da justificativa apresentada pelo grupo ao explicar como o modelo se tornou abrangente para a condição 1 da Atividade 2. Nesse contexto, um aspecto de NdC refletido nessa discussão é a *representação*, pois a ênfase nas características do modelo evidenciou a importância dos métodos de representação na modelagem das ideias do grupo. Além disso, a etapa de teste desempenhou um papel fundamental na reformulação não da ideia do modelo em si, mas de sua representação.

Nesse momento, as ações da professora tiveram um impacto positivo na adaptação do modelo do G1 às novas condições da Atividade 2. No início dessa atividade, a professora orientou todos os estudantes a fornecerem uma descrição minuciosa de cada ajuste feito em seus modelos. Seguindo essas recomendações, os estudantes do G1, ao explicarem como resolveriam o problema da condição 1, não apenas sugeriram a inclusão de um gerador no modelo, mas também especificaram a voltagem (120 volts) e o tempo de operação para fornecer energia à máquina (4 horas). Esse relato destacou alguns aspectos de NdC, como a (i) *criatividade*, pois os estudantes propuseram um novo mecanismo ao modelo, a (ii) *representação* ao fazerem as alterações que consideraram pertinentes e a (iii) *objetividade*, ao especificarem o sistema do gerador com todas as suas funções essenciais.

Após a explicitação dos novos elementos dos modelos pelo grupo, a professora destacou que, mesmo diante das limitações do modelo, não era necessário reformulá-lo por completo. Esta observação destaca um aspecto crucial no processo de modelagem, que é o fato de que *testar* modelos não implica necessariamente desmantelar todo o conhecimento ou ideias anteriores para adaptá-los a um novo contexto. Em vez disso, significa fazer ajustes progressivos até que possam atingir os objetivos pretendidos (Gilbert; Justi, 2016).

Diante dessas circunstâncias, emergiu uma nova QPM. Nesse contexto, a análise da professora trouxe à luz os aspectos relacionados à *representação* e à *não linearidade do pensamento*. Isso destacou a natureza cumulativa do conhecimento, evidenciando como o contexto de aplicação de um modelo pode influenciar e modificar suas formas de representação. Essa abordagem enfatiza a relevância da flexibilidade e da capacidade de adaptação dos modelos para atender às demandas específicas do ambiente em que são empregados.

Até este ponto, a fase de *teste* estava em andamento. Simultaneamente, a etapa de *expressão* desempenhou um papel crucial nos momentos em que os estudantes precisavam realizar ajustes e comunicar suas adaptações à atividade. A etapa de *criação* também merece destaque, pois os estudantes se envolveram na transposição do modelo mental para diferentes formas de representação. Paralelamente, ofereceram suporte teórico e prático uns aos outros para discutir e responder às questões e reflexões apresentadas pela professora e pelas pesquisadoras.

Enquanto a atividade estava em andamento, as duas pesquisadoras se dirigiram ao G1 para investigar as concepções que os alunos tinham sobre o processo de construção do conhecimento na Ciência. Essa interação foi iniciada com uma pergunta bastante representativa de QMT, formulada pela PQ2. Essa pergunta tinha como objetivo compreender as visões do grupo sobre “quem é um cientista?” e “como ele trabalha?”. Portanto, essas duas questões estão relacionadas a dois aspectos: *personalidade* e *epistemologia*. A primeira questão levou a uma discussão sobre as características intrínsecas ou extrínsecas que definem o perfil de um cientista, enquanto a segunda questão buscou estabelecer, de forma geral, os passos e etapas que um cientista segue em seu trabalho. O diálogo a seguir demonstra essa observação:

> **PQ2**: O que vocês pensam sobre como é um cientista? Como ele trabalha?
>
> **Jussara (G1)**: Eu nunca parei para pensar nisso. Tipo, fazendo pesquisas.
>
> **PQ2**: Que pesquisas seriam essas?
>
> **Jussara (G1)**: Pegam coisas que outras pessoas haviam descoberto e veem se aquilo mudou ou se precisa acrescentar algo.
>
> **Paulo (G1)**: Não, eu acho que um cientista pode começar do zero.
>
> **Jussara (G1)**: Pode. Ele pode criar uma nova teoria. Tipo assim, um cientista ele pode pegar uma coisa e estudar mais a fundo, porque as vezes, como no caso do desenvolvimento genético lá atrás que a gente estudou, eles (*os cientistas*) achavam que as células eram alguma coisa que não me lembro exatamente. Mas depois eles foram estudar mais a fundo e viram que era algo totalmente diferente.
>
> **Carla (G1)**: Mas com o avanço tecnológico isso também muda.

Quando as perguntas foram feitas, os estudantes, a princípio, não responderam à primeira pergunta, mas tentaram interagir com a segunda. Nesse momento, três pontos importantes foram destacados. O primeiro deles foi evidenciado nas palavras de Jussara (G1), que expressou três aspectos interconectados: (i) *não linearidade*, quando enfatizou que no trabalho de um cientista, ele utiliza conhecimentos que são resgatados de ideias anteriores às suas, ou seja, não existe um único caminho para adquirir um determinado conhecimento; (ii) *provisoriedade* na produção de conhecimento, já que em sua explicação, os cientistas “pegam coisas que outras pessoas haviam descoberto e veem se aquilo mudou ou se precisa acrescentar algo”, destacando assim que o conhecimento evolui com o tempo, podendo resultar no “abandono de algumas ideias em favor de novas construções” (Santos *et al.*, 2020, p.

601); (iii) *falibilidade*, porque o contexto apresentado na fala da estudante deixa claro que um cientista exerce o papel de articulador dos conhecimentos produzidos por seus pares quando estes apresentam algum erro.

O segundo ponto manifestado trouxe à tona o aspecto da *criatividade*, conforme expresso por Paulo (G1), ao mencionar que um cientista não necessariamente precisa utilizar apenas os conhecimentos de seus colegas, mas também pode "começar do zero", ou seja, pode gerar algo completamente novo.

O último ponto de discussão deste evento foi identificado quando Carla (G1) observou que, diante das afirmações de seus colegas sobre a possibilidade de mudanças nos conhecimentos já consolidados, tais mudanças também podem ser impulsionadas pelo avanço tecnológico, com o uso de equipamentos e software de última geração, o que pode provocar ou contribuir para mudanças na produção do conhecimento. Nesse sentido, destaca-se a importância do desenvolvimento tecnológico, porém não foi estabelecida uma correspondência direta com aspectos explicitados por Santos *et al.* (2020).

Neste mesmo evento, Jussara (G1) reforçou sua visão histórica e progressiva dos caminhos que um cientista percorre ao desenvolver seus conhecimentos. Essa perspectiva, portanto, sugere a manifestação do aspecto *progressividade*. Os exemplos fornecidos pela estudante sobre os conhecimentos adquiridos em suas aulas no ensino médio, como o exemplo que ela trouxe sobre a descoberta das células, demonstram a ideia de que o processo científico demanda tempo e requer revisões, assim como ela mencionou ao dizer: "eles [os cientistas] achavam que as células eram alguma coisa [...] mas depois eles foram estudar mais a fundo e viram que era algo totalmente diferente".

Como houve duas perspectivas diferentes sobre o desenvolvimento do conhecimento científico relatados por Jussara (G1) e Paulo (G1), a PQ2 lançou uma nova QMT para compreender se os estudantes também acreditavam que um conhecimento que é aprofundado, ao longo do tempo pode se tornar um conhecimento novo. Nesse contexto, a questão abordou o aspecto da *criatividade*, que já havia sido mencionada na pergunta anterior, mas agora foi mais relacionada às opiniões dos estudantes. Logo, as falas a seguir expressam essas características:

> **PQ2:** Mas se vocês aprofundarem, ainda pode ser um conhecimento novo?
>
> **Paulo (G1):** Sim. Porque você ainda pode descobrir algo novo.
>
> **Carla (G1):** Por exemplo, se você pegar o que tinha antes e o que você tem disponível para fazer aquilo [...] a descoberta feita antes comparada com aquilo que você tem hoje, pode ser descoberto algo novo por causa do avanço tecnológico ou algo assim.

A partir desse diálogo, Carla (G1) exemplificou com o mesmo exemplo da *progressividade* que a Ciência demonstra ao comparar os conhecimentos do passado com aqueles que se desenvolvem no presente, reforçando a ideia de que algo novo pode surgir através desse modo de pesquisar.

Ao perceber que os estudantes não responderam à sua primeira pergunta sobre as características de um cientista, a PQ2 retomou essa questão. Os estudantes, ao apresentarem suas visões, não ficaram presos aos estereótipos clássicos que normalmente definem um cientista, como a ideia de que eles trabalham apenas em ambientes de laboratório, usam óculos, jalecos ou são representados como homens loucos, estereótipos muitas vezes reforçados por representações cinematográficas (Allchin, 2003; Khishfe, 2022; Taber, 2017). Em vez disso, foram além dessas características, considerando também as dimensões socioemocionais que envolvem o trabalho de pesquisa e construção do conhecimento científico.

> **PQ1:** Vocês até aqui falaram o que eles fazem, mas como vocês veem eles (os cientistas)?
>
> **Jussara (G1):** Acho que são pessoas estressadas.
>
> **PQ1:** Estressado com o quê?
>
> **Jussara (G1):** Porque é muita coisa ao mesmo tempo, então ele não deve saber lidar muito bem, porque assim é muito difícil trabalhar com pesquisa, mas fica ainda mais difícil lidar com as questões sociais, como a família, amigos e a própria vida. Então é muito difícil para o cientista, ele fica sobrecarregado.
>
> **Carla (G1):** As pessoas impõem que você tem que descobrir aquilo. Então, se você se nomeou um cientista, você vai ter que fazer uma nova descoberta. Você fica com aquilo na cabeça.
>
> **PQ2:** Responsabilidades, cobranças.
>
> **Paulo (G1):** Pressão social, começa por aí.
>
> **Carla (G1):** Começa com o fato de ele ter que ficar encarregado daquilo para o resto da vida dele. Ele não vai poder sair. A vida dele vai mudar totalmente, porque ele vai focar um momento da vida dele para fazer aquilo.

O perfil atribuído pelos estudantes ao cientista estava intimamente ligado ao estresse que ele enfrenta ao longo do trabalho, às pressões da sociedade e às suas interações interpessoais no ambiente de pesquisa e fora dele. Nesse contexto, podemos identificar o aspecto relacionado à *influência motivacional*. As relações externas que o cientista mantém, como sua família, amigos e seus próprios anseios, desempenham um papel crucial na forma como ele lida com seu trabalho. Nesse caso, Jussara (G1) estabeleceu uma relação entre essas influências e o estresse que afeta diretamente o cientista. Contudo, ao relacionarmos essas relações sociais com o posicionamento da Carla (G1), observamos que ela apresentou uma visão de que um cientista não pode possuir uma vida social ao dizer: “começa com o fato de ele ter que ficar encarregado daquilo para o resto da vida dele, ele não vai poder sair”. Nesse contexto, percebendo a existência de dois pontos de vistas distintos, a PQ2 investiga essa fala com uma nova QMT:

> **PQ2:** Mas para vocês, eles têm vida social ou não?
>
> **Jussara (G1):** Diretamente não.
>
> **Carla (G1):** A partir daquele momento (*em que se torna um cientista*) não.
>
> **Paulo (G1):** Eu acho que eles têm vida social.
>
> **Ricardo (G1):** Tipo assim, a gente como estudantes, somos muito ocupados.
>
> **Paulo (G1):** E mesmo assim temos vida social.
>
> **Carla (G1):** Sim.
>
> **Ricardo (G1):** Então eles também podem ter. A questão é eles acharem um meio, um jeito.
>
> **Jussara (G1):** É que eu só acho que diretamente isso vai ser definido pelo cansaço físico e psicológico. Eu acho que ele vai conseguir fazer de tudo um pouco, mas não vai ser tão bem-organizado porque é muita coisa para uma pessoa só.
>
> **Carla (G1):** Depois de um tempo vai ficando complicado.

A análise dessa QMT levantada pela PQ2 revelou que as lentes da sociologia e psicologia da ciência desempenham um papel importante na compreensão da NdC. A interação entre o cientista e seu ambiente, tanto dentro quanto fora do contexto acadêmico, é influenciada por vários fatores, incluindo suas características pessoais, sua motivação e as demandas sociais que enfrentam. Logo, o aspecto da *influência motivacional* é particularmente relevante nesse contexto, pois os estudantes podem reconhecer que a motivação e a sociabilidade desempenham um papel fundamental

na pesquisa científica. O equilíbrio entre a vida acadêmica e a vida social, assim como a motivação para superar desafios e obstáculos, é influenciado pelas características pessoais e pela influência do ambiente externo.

Diante dessas circunstâncias, e ainda em relação à discussão da pergunta feita pela PQ2, Jussara (G1) expressou uma visão individualista sobre o trabalho de um cientista ao afirmar: “[...] eu acho que ele vai conseguir fazer de tudo um pouco, mas não vai ser tão bem-organizado porque é muita coisa para uma pessoa só”. Essa observação de Jussara (G1) sobre a dificuldade dos cientistas em manter um comprometimento homogêneo entre seu trabalho acadêmico e sua vida social revelaram uma compreensão do aspecto da *objetividade*. A *objetividade* refere-se à imparcialidade e à busca de evidências sólidas e verificáveis na pesquisa científica. A fala de Jussara (G1) sugere que os cientistas enfrentam desafios para equilibrar sua vida acadêmica e sua vida pessoal devido às demandas rigorosas da pesquisa.

Esse reconhecimento da dificuldade de equilibrar essas duas características podem ser uma reflexão importante para os estudantes, pois ressaltaram os desafios enfrentados pelos cientistas em relação à *objetividade*, comprometimento e equilíbrio. Isso pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada de como a Ciência opera no mundo real e como os cientistas lidam com as complexidades da pesquisa científica.

Em resposta a isso, a PQ1 imediatamente conduziu uma nova QMT que destacou o aspecto da *interação entre cientistas*. Ela questionou os estudantes sobre o nível de importância que eles atribuíam ao trabalho em grupo na produção da ciência:

> **PQ1:** Então você acha que um grupo faz muita diferença?
> **Jussara (G1):** Faz.
> **Ricardo (G1):** Faz.
> **Carla (G1):** Mas depende muito das pessoas.

Nesse sentido, a questão anterior estimulou nos estudantes uma comparação entre os benefícios e desafios do trabalho em grupo, levando-os a reconhecer que o trabalho em equipe faz uma diferença significativa. Ao trazer alguns fatores positivos para essa discussão, os estudantes enfatizaram que não basta apenas haver uma relação direta ou indireta entre os cientistas, mas que em um trabalho em grupo é

essencial que: (i) todos os envolvidos contribuam igualmente para a produção de conhecimento científico e (ii) exista o estabelecimento de relações afetivas. Em seguida, os estudantes apresentaram uma visão mais generalista sobre essas relações, sem especificar quais seriam, embora se subentenda que tais relações estejam mais ligadas à *personalidade* de cada indivíduo. Essa observação é reforçada quando eles trouxeram exemplos de desafios do trabalho em grupo, ao declararem que: (iii) muitas vezes falta comprometimento entre os envolvidos; (iv) a falta de uma compreensão coletiva de todo o trabalho, pois é comum a divisão de tarefas entre os membros da equipe, e (v) ocorrem atritos entre os integrantes devido a diferentes ideias e perspectivas.

Nesse caso, os pontos (i) e (iii) estão diretamente relacionados, uma vez que essas características envolvem o aspecto *ética* juntamente com o aspecto *subjetividade*. Isso pode ser explicado pelo fato de que, analisando logicamente, todos os cientistas deveriam contribuir e se comprometer ativamente no processo de produção e construção de conhecimento científico. No entanto, tal comportamento nem sempre ocorre, pois, sob a ótica da *subjetividade*, cada indivíduo pode pensar e agir de maneiras que não seguem necessariamente uma lógica explícita, como retratada pelos estudantes. Cada pessoa tem suas concepções prévias e abordagens pessoais. A *ética* entra nesse contexto para fortalecer o problema do trabalho em grupo, pois a falta de comprometimento e a falta de ação igualitária entre os membros demonstram claramente um desrespeito com os indivíduos envolvidos e até mesmo com a própria prática científica. Essa visão ética fica ainda mais evidente na seguinte fala da estudante Jussara (G1): “Eu também acho que tem que ter responsabilidade das pessoas que estão com você, ou seja, se aquela pessoa [...], no caso o cientista, significa que ela tem a mesma capacidade que você, ou seja, ambos deveriam trabalhar de forma igual.”

A fala anterior reforçou o aspecto *ética*, principalmente o princípio moral atribuído ao trabalho em grupo, que é a responsabilidade. Além disso, há uma manifestação de outro aspecto, a *credibilidade*. Esse aspecto se faz presente na opinião da estudante, pois, ao se referir à capacidade igualitária entre cientistas, Jussara (G1) enfatizou a importância da trajetória do cientista, validada e aceita por seus pares, no estabelecimento dessa igualdade entre os membros de um grupo. Isso

ocorreu porque se pressupõe que, em um grupo, as pessoas envolvidas possuam ideias afins e correlatas.

No entanto, ao analisarmos pela ótica da *interação entre cientistas*, percebe-se a necessidade de que os indivíduos sejam tratados como iguais, o que mantém uma conexão direta com o aspecto *ética,* manifestado na mesma fala. Isso significa que as relações interpessoais desempenham um papel crucial na construção de uma colaboração igualitária e produtiva entre cientistas.

Para os pontos (ii) e (v), os estudantes estabelecem uma relação direta com o aspecto da *interação entre cientistas* ao destacarem a existência de discordância de ideias entre os colegas. Nesse contexto, podemos perceber que o ponto (ii) também se enquadra nesse mesmo aspecto, pois um estudante traz à tona a ideia de que as relações afetivas entre os membros do grupo também podem interferir no resultado da produção científica. Portanto, ambos os pontos (ii) e (v) estão relacionados à dinâmica das interações entre cientistas e como essas interações podem afetar o processo de produção da Ciência.

No ponto (iv), percebemos que a visão do aspecto *epistemologia* se manifesta associada à *interação entre cientistas*, mas com maior ênfase em como os impactos podem ser significativos para a produção ou uso do conhecimento científico quando os membros de uma equipe decidem dividir os processos envolvidos em seu trabalho, de modo que cada indivíduo seja responsável por uma etapa desse processo. Pela fala dos estudantes, tais características trazem problemas relacionados à compreensão do todo, ou seja, as partes não conseguem se conectar de forma eficiente nesses casos.

Nessa mesma perspectiva, a PQ2 instigou com uma nova QMT:

> **PQ2:** Mas vocês acham que os cientistas trabalham em grupo ou sozinhos?
>
> **Jussara (G1):** Em grupo.
>
> **Ricardo (G1):** Eu acho que em grupo.
>
> **Jussara (G1):** Porque em um laboratório a gente vê várias pessoas trabalhando em conjunto e se ajudando.
>
> **Carla (G1):** Tipo, dentro de um laboratório eles estão juntos discutindo sobre aquilo (*conhecimento científico*), mas quando vai pegar por eles mesmos eles ficam sozinhos, ou seja, ficam separados para que depois eles se juntem para discutir o que cada um acha.

> **PQ2:** Entendi. Então tem um momento que é individual e um momento que é coletivo?
>
> **Carla (G1):** Isso.

Essa pergunta mobilizou o aspecto da *interação entre cientistas*, pois buscou investigar a visão dos estudantes sobre as relações entre pesquisadores na produção de conhecimento científico. Mesmo mobilizando esse aspecto, percebe-se que essa questão também surgiu com certa influência do que os estudantes do G1 já haviam manifestado na questão anterior da PQ1, por já trazerem algumas ideias de que o trabalho em grupo seria algo relevante dentro da Ciência.

Nesse sentido, Jussara (G1) modificou sua opinião inicial, que estava voltada para uma visão de que o cientista trabalhava individualmente. Contudo, após as discussões nessa intervenção, a sua visão foi modificada para a ideia de que o trabalho do cientista ocorre em grupo. Isso evidenciou como as questões também contribuíram para essa alteração no pensamento da estudante, devido à natureza explícita das intenções geradas pelas pesquisadoras sobre a NdC. Apesar disso, a estudante trouxe nessa mudança de pensamento um estereótipo muito comum, que se baseia na ideia de que cientistas trabalham em laboratório. Desse modo, é perceptível que a estudante, mesmo manifestando um aspecto da NdC (nesse caso, nos referimos ao aspecto da *interação entre cientistas*), ainda se manteve presa a uma concepção limitada da Ciência e do trabalho do cientista.

Carla (G1) apresentou um relato interessante sobre o aspecto *interação entre cientistas*. A estudante enfatizou a existência de um equilíbrio entre o trabalho individual e o trabalho em grupo. Em outras palavras, um cientista terá momentos específicos que requerem um olhar mais individualizado sobre o processo de produção do conhecimento, enquanto em outros momentos o debate entre os pares e a validação do conhecimento serão importantes. Isso refletiu uma compreensão mais realista da dinâmica do trabalho científico, confirmando que tanto o trabalho individual quanto a colaboração em grupo desempenham papéis fundamentais em diferentes fases do processo de pesquisa.

No decorrer desse evento, as duas pesquisadoras fizeram um questionamento, aproveitando a visão que eles trouxeram sobre o ambiente da pesquisa ser em laboratório e questionaram ao grupo:

> **PQ2:** E como é que vocês acham que é o modo da pesquisa deles?

> **PQ1:** Porque vocês só falaram de laboratório. Vocês acham então que é só em laboratório?
>
> **Paulo (G1):** Não.
>
> **Carla (G1):** Não.
>
> **Jussara (G1):** Não, porque por exemplo, quando eu tiver que elaborar meu TCC, antes de ir para o laboratório eu vou ter que colocar tudo aquilo de forma escrita do que eu vou usar, pesquisar em artigos [...] porque não adianta nada eu ir para o laboratório e não saber o que eu tenho que usar. Quanto de hidróxido de sódio eu tenho que usar? Quanto de ácido clorídrico eu tenho que usar? Porque se eu não souber disso, não vai dar em nada. Então, eu tenho que primeiro pesquisar, me basear naquilo que eu vou fazer, para depois ir ao laboratório, porque não adianta eu ir para o laboratório sem planejar antes e saber o que eu tenho que fazer.
>
> **PQ2:** E a resposta lá (*no laboratório*) é imediata?
>
> **Jussara (G1):** Não, porque as vezes a gente tem que esperar muito tempo.
>
> **Carla (G1):** Porque as vezes você espera aquilo tudo e dá errado e você tem que fazer tudo de novo. Daí você vai e faz aquela pesquisa tudo de novo para saber onde você errou, para ver se você anotou alguma coisa errada.

Nessa discussão, as questões declaradas pelas pesquisadoras foram classificadas como QMT, mobilizando o aspecto *epistemologia*. Esse aspecto é apresentado exatamente na questão da PQ2, pois explicita uma intenção de compreender (i) como ocorre a pesquisa do cientista? (ii) quais etapas fazem parte dela? (iii) quais os objetivos dessa pesquisa? As duas questões foram relevantes. O questionamento que a PQ2 realizou pode ser compreendido como uma *iniciação de processo*, pois demanda do estudante uma interpretação ou sua opinião, enquanto a questão da PQ1 simboliza a ideia de uma *iniciação de escolha*, pois demandou que os estudantes escolhessem uma opção, ou seja, se as pesquisas ocorrem ou não apenas em laboratórios (Mehan,(1979).

Jussara (G1), que previamente havia descrito a ideia de que as pesquisas ocorreriam em laboratório, manifestou três aspectos de NdC em sua resposta: (i) *epistemologia*, porque a todo o momento ela apresenta etapas necessárias para que a pesquisa aconteça, principalmente relacionando a importância entre a teoria (experimentos e uso do ambiente de laboratório) com a prática (necessidade de estabelecer parâmetros, elaborar um planejamento e compreender o que se deseja pesquisar antes de ir executar os testes em laboratório); (ii) *representação*, pois a estudante exemplificou como o seu trabalho de conclusão de curso (TCC) deveria

expressar todo o processo que ela desenvolveu em sua pesquisa, feita em um contexto de curso técnico, deixando textualmente explícito o seu planejamento e os dados experimentais que foram coletados e (iii) *objetividade*, porque Jussara (G1) demonstrou a necessidade de ter esses processos bem estabelecidos na mente, de modo que isso representasse os pensamentos e as ações diretas, com um foco, por exemplo o seu TCC.

Cabe ressaltar que a ideia que Jussara (G1) expressou sobre a Ciência foi influenciada diretamente pelo seu contexto e por suas experiências anteriores, incluindo a visão inicial de que os cientistas trabalham apenas em laboratório. Isso demonstra a relevância que o contexto possui para a construção da visão que temos sobre a Ciência. Nossas experiências pessoais e o ambiente em que estamos inseridos desempenham um papel significativo na formação de nossas concepções.

Em outro momento, a PQ2 questionou os estudantes sobre quanto tempo seria gasto para a conclusão de uma pesquisa. Essa pergunta também foi caracterizada no campo da QMT, pois ainda buscava investigar as visões que os estudantes estavam trazendo sobre a Ciência. Desse modo, quando a professora incluiu a noção de tempo na questão, ela direcionou seu interesse para o aspecto da *epistemologia*. Isso ocorreu porque a ideia de tempo está intimamente ligada ao processo como um todo, considerando todos os caminhos necessários, desde a concepção da ideia até a validação entre os pares.

Nesse contexto da questão, Carla (G1) manifestou o aspecto da *falibilidade* (analisado pela lente da Psicologia da Ciência), referindo-se aos erros que podem surgir em várias etapas da produção de conhecimento científico e como isso afeta o tempo do processo. Ela acreditava que, para resolver esse tipo de problema, o cientista teria que refazer todas as etapas até identificar o erro, o que contribuiria para a demora na realização da pesquisa. Essa visão é corroborada pelas experiências compartilhadas por Jussara (G1) naquele momento. Ela se referiu ao tempo gasto na realização de seus testes empíricos em laboratório, muitos dos quais foram concluídos após longas 8 horas de espera. Isso evidencia que a questão do tempo é uma parte significativa do processo de pesquisa científica e como a *falibilidade* desempenha um papel importante, mesmo não sendo esperada, na busca pelo conhecimento.

Quando os estudantes relataram a possibilidade de os cientistas cometerem erros, a PQ1 aproveitou o momento para questioná-los com uma nova QMT, que

abordou justamente a visão do aspecto *falibilidade*. Nesse contexto, Jussara (G1) afirmou que não é obrigatório que o cientista acerte o tempo todo, pois o objetivo dele é adquirir conhecimento. A inferência que a estudante fez para essa questão declarou que, nesse contexto do trabalho do cientista, ela conseguiu manifestar uma compreensão mais madura da falibilidade na produção de conhecimento científico.

Ao final desta intervenção, houve uma discussão sobre a imprevisibilidade no processo científico. Nesse contexto, a imprevisibilidade refere-se às situações em que os objetivos iniciais do cientista não são alcançados. Também podemos utilizar um termo ainda mais adequado para esse contexto que surge da palavra serendipidade, que se refere à ocorrência de descobertas, inovações ou avanços inesperados e fortuitos durante a busca por algo diferente ou mesmo sem intenção inicial de fazer tal descoberta. Na ciência, exemplos de acaso incluem descobertas de medicamentos enquanto se pesquisava uma substância para outra finalidade, ou a invenção de dispositivos durante a tentativa de resolver um problema diferente.

Essa discussão surgiu a partir do momento em que a PQ1 lançou uma pergunta de opinião a respeito da possibilidade de existir produção de conhecimento científico ao acaso:

> **PQ1:** E essas histórias que a gente escuta. Ahh! que é por acaso (*produção de conhecimento científico*). Ahh! que o fulano (*cientista*) sonhou. Vocês acham que isso é verdade?
>
> **Paulo (G1):** Sonhar não. Mas que um acidente pode ocorrer e mesmo assim você descobrir algo novo, isso pode acontecer.

Quando Paulo (G1) respondeu que acidentes podem ocorrer, levando à possibilidade de novas descobertas, Jussara (G1) apresentou alguns exemplos que reforçaram a resposta anterior de seu colega. Diante desse contexto, a PQ2 suscitou uma indagação adicional: “Se, nessa situação, o cientista não possuísse esse olhar aguçado para observar os acontecimentos ou se fosse outra pessoa, seria possível que surgissem novas descobertas?” Durante essa mesma discussão, Jussara (G1) afirmou que não seria possível, pois é necessário que a pessoa tenha curiosidade.

É interessante notar como a questão da PQ2 levantou a discussão sobre o papel das descobertas científicas por casualidade, um tema que tem sido explorado por diversos pesquisadores (como por exemplo, Arabatzis, 2006; Kuhn, 2013; Raicik; Peduzzi, 2016). Quando uma descoberta científica ocorre por casualidade ou devido

a um imprevisto, isso pode levar à explicitação de uma estrutura conceitual e epistemológica, especialmente quando considerada no contexto histórico e filosófico da Ciência. Isso destaca a complexidade e a importância das descobertas na Ciência, que podem ocorrer de maneiras imprevisíveis e surpreendentes, influenciando o desenvolvimento do conhecimento científico (Raicik; Peduzzi, 2016).

A análise dos contextos da justificação[12] e da descoberta[13] na Filosofia da Ciência, conforme abordada por Raicik e Peduzzi (2016), permite uma compreensão mais completa das dinâmicas do progresso científico e da natureza da Ciência. Tal reflexão é também enfatizada por Arabatzis (2006):

> A justificação dessas hipóteses seria uma característica constitutiva dessa descoberta. O contexto da descoberta está “carregado” com o contexto de justificação, pois “descoberta” é um termo que se refere a uma conquista epistêmica: se alguém consegue descobrir algo, então, sem dúvida, esse algo existe (Arabatzis, 2006, p. 217).

Raicik e Peduzzi (2016) procuraram apresentar uma visão mais complexa, tanto conceitual quanto epistêmica, relacionada à descoberta na Ciência, buscando superar a dicotomia anterior por meio de uma análise teórica que envolveu as contribuições de três filósofos da Ciência: Norwood Hanson, Naum Kipnis e Thomas Kuhn. Cada um desses teóricos trouxeram perspectivas relevantes para uma compreensão das descobertas por causalidade na Ciência, destacando a importância de considerar tanto os aspectos objetivos quanto os aspectos subjetivos envolvidos no processo científico.

No entanto, fica evidente que o modelo MoCEC v.2 tem suas limitações na representação de certas nuances e complexidades da prática científica, especialmente quando se trata de eventos incomuns, como descobertas por casualidade ou imprevistos. Os aspectos delineados no modelo não conseguem cobrir todas as situações possíveis que os estudantes podem mencionar ou que podem ocorrer na Ciência.

Essas limitações são comuns em modelos e ferramentas conceituais, uma vez que a prática científica é altamente variável e dinâmica, e pode envolver uma série de

---

[12] Quando os processos científicos se preocupam apenas com os resultados e seguem uma visão completamente objetiva, excluindo as relações humanas com a Ciência e a sua própria subjetividade.
[13] Quando os processos científicos buscam compreender as origens do conhecimento científico, levando em consideração os detalhes que envolvem a subjetividade do processo científico.

situações imprevisíveis. Ainda assim, o modelo de Santos *et al.* (2020) é uma ferramenta útil para auxiliar na compreensão dos aspectos de NdC, especialmente em contextos educacionais, uma vez que os usuários terão conhecimento de suas limitações e estarão dispostos a adaptá-lo de acordo com as necessidades específicas de cada situação.

Seguindo a análise das ações, a PQ2 realizou outra QMT, buscando compreender se uma pessoa comum teria o mesmo olhar observador que um cientista ao lidar com características imprevisíveis. Essa pergunta mobilizou os aspectos *objetividade* e *inteligência*. Os cientistas, devido ao seu arcabouço teórico, prático e procedimental, geralmente possuem um conjunto de habilidades que lhes permitem observar, analisar e compreender eventos ou características imprevisíveis com mais profundidade e objetividade do que uma pessoa comum. Embora uma pessoa comum possa observar um comportamento imprevisível, um cientista é treinado para identificar padrões, relações causais e implicações científicas que podem não ser óbvias para outras pessoas. Esse conjunto de características pode ser representado pela fala de um dos grandes cientistas do século XX, Louis Pasteur, quando disse que “o acaso só favorece a mente preparada”.

Portanto, a pergunta da PQ2 destacou a diferença entre a visão de mundo de um cientista, baseada em seu treinamento e experiência, e a de uma pessoa comum ao lidar com a imprevisibilidade. Isso também se relaciona com o aspecto da *personalidade*, já que os cientistas muitas vezes desenvolvem traços de pensamento crítico e observação aguçada como parte de sua formação.

A manifestação de Jussara (G1) sobre a curiosidade como uma característica do perfil de um cientista em situações de causalidade está relacionada ao aspecto da *personalidade*. A curiosidade é uma qualidade fundamental para os cientistas, pois os incentiva a explorar o desconhecido, fazer perguntas, buscar respostas e investigar questões específicas.

Entende-se que, no evento analisado, não houve uma clara relação entre as etapas da modelagem e as discussões anteriores sobre a NdC. A intervenção no G1 teve o objetivo de evidenciar as opiniões dos estudantes sobre como eles compreendiam o funcionamento da Ciência e o papel do cientista nesse processo. De certo modo, isso foi algo esperado a princípio, já que no contexto dessas atividades a

PQ1 e PQ2 estavam inseridas também como pesquisadoras, tendo a preocupação com a busca por dados para os seus respectivos trabalhos.

Isso fortaleceu o papel das intenções nessa condução, ou seja, o caminho que os estudantes percorreram foram direcionados pelas pesquisadoras na busca por visões sobre Ciência, mas não das relações entre essas visões e o que eles construíram até aquele momento nas atividades de modelagem. Porém, essa pode ser vista como uma responsabilidade da professora que regia a turma, pois ao longo da condução a mesma apresentou discussões que focaram nessas relações.

A análise das intervenções nos grupos é motivada pela iniciativa da professora e das pesquisadoras em promover a inserção dos estudantes em contextos de reflexão mais abrangentes sobre a Ciência, destacando a relevância das questões como um meio de manter e enriquecer esse processo. Além disso, é válido considerar que as manifestações dos estudantes podem ser diretamente influenciadas pelas próprias atividades de modelagem, mesmo que não se manifestem a todo momento de maneira explícita.

Enquanto as pesquisadoras conduziam entrevistas com o G1, a professora supervisionava o progresso do G2. Nesse momento, a docente apresentou algumas questões relacionadas à QRM, visando orientar os estudantes a refletirem sobre como o modelo do grupo se comportaria diante da condição 1. Estas indagações desempenharam o papel de guiar os membros do grupo para concentrarem seus esforços em testar o modelo em relação ao seu sistema computacional, uma vez que este era integralmente eletrônico. As perguntas foram: (i) o modelo era completamente eletrônico?; (ii) dispositivos eletrônicos não necessitam de energia elétrica?; e (iii) seria possível explicar a situação usando o modelo?

Essas perguntas destacaram o aspecto da *racionalidade*, orientando os estudantes a adotarem uma abordagem lógica e fundamentada, considerando que o modelo do grupo deveria naturalmente abordar essa primeira condição da atividade. O objetivo principal era fazer com que os estudantes compreendessem que, para essa condição, o modelo deveria ser intrinsecamente abrangente, uma vez que, sem energia, presumia-se que a máquina não funcionaria, dado que o modelo do G2 era dependente da eletricidade.

Nesse cenário, percebeu-se que as questões surgiram da análise interna do modelo em si, especialmente porque todos os participantes estavam imersos em condições propícias para a fase de *teste*. Contudo, à medida que o *teste* avançava, a etapa da *expressão* também se manifestava, uma vez que era necessário avaliar a qualidade e a capacidade explicativa do modelo frente às condições de *teste*.

Nessa situação, a professora também questionou os estudantes sobre a possibilidade de o modelo desenvolvido pelo G2 aceitar moedas mesmo com a máquina desligada, uma situação comum na realidade. Essa pergunta revelou mais uma QRM, incentivando os estudantes a considerarem essa característica ao testarem o modelo. O aspecto de NdC destacado nessa pergunta foi a *limitação*, pois buscava explorar o que o modelo não conseguia explicar até aquele momento.

É notável como a professora utilizou as perguntas para salientar os principais elementos que os alunos deveriam considerar. Em situações como essa, sem orientação adequada, os estudantes poderiam facilmente se desviar dos objetivos da atividade. Entretanto, é crucial enfatizar que nenhuma pergunta forneceu uma resposta definitiva ou limitou as opiniões dos estudantes; em vez disso, elas os orientaram por meio de dados e reflexões.

Nesse contexto, Patrícia (G2) demonstrou o aspecto da *representação* ao enfatizar uma característica que o modelo já possuía e, portanto, seria capaz de explicar a primeira condição dessa atividade. Segundo a estudante, o modelo da máquina de refrigerantes não permitiria a inserção da moeda quando a máquina estivesse desligada, pois o mecanismo seria semelhante ao de uma máquina fotográfica que possui um sistema de proteção das lentes, fechando-se quando a máquina não está em uso.

Diferentemente de outras situações, neste caso, a estudante destacou a amplitude que seu modelo apresentou na condição em que foi testado. Isso fez com que, nesse momento, a etapa de *avaliação* ocorresse simultaneamente às fases de *teste* e *expressão*. O *teste* teve uma presença significativa, pois as questões colocadas e as respostas oferecidas tinham como objetivo comum aprimorar o modelo, tornando-o ainda mais funcional e corrigindo possíveis lacunas ao longo desse processo. A *expressão* permaneceu constante, pois os estudantes se basearam nas ideias contidas em seu modelo para ajustar as arestas encontradas e, ao mesmo tempo, usá-lo para confirmar sua abrangência. Esse momento final marcou

a materialização da etapa de *avaliação*, pois surgiu na tentativa dos estudantes de convencer a professora sobre a validade e utilidade do modelo (Gilbert; Justi, 2016).

Para a segunda condição da atividade, a professora abordou o mesmo grupo com uma nova Questão de Raciocínio (QRM), explorando o viés do aspecto da *limitação*. Essa indagação tinha como objetivo avaliar como o modelo do G2 responderia a um desligamento de duas horas da máquina, considerando que, nessas condições, a máquina não serviria imediatamente o refrigerante. Ou seja, levaria algum tempo para retomar o funcionamento, e apenas após o pagamento, o refrigerante seria entregue. A pergunta em si levantava a possibilidade de o modelo não conseguir explicar essa condição, uma vez que era uma situação não prevista ou considerada pelo próprio grupo durante a elaboração do modelo. Portanto, o aspecto da *limitação* se encaixava perfeitamente no contexto da pergunta, já que a professora buscava averiguar e auxiliar na superação de possíveis limitações que o modelo poderia apresentar naquele momento.

Nesse contexto, duas considerações foram feitas por Patrícia (G2) e Rosana (G2). Uma delas estava relacionada à abrangência do sistema operacional, argumentando que, mesmo após 2 horas desligado, ele não demoraria muito para retornar ao funcionamento normal. Nessa primeira consideração, identificamos o aspecto da *representação*, pois as estudantes tentavam convencer a professora de que o modelo explicaria uma parte da condição devido à rapidez no funcionamento do sistema operacional. Essa foi uma forma de o grupo defender e mostrar até onde o modelo inicial poderia ser útil.

Já a segunda consideração estava relacionada ao problema da refrigeração, que se tornaria mais sério, uma vez que o refrigerante estaria quente quando fosse entregue ao cliente, devido ao tempo em que a máquina ficou desligada. Nesse ponto, o modelo já não conseguia apresentar justificativas plausíveis que o tornassem aplicável ao contexto a ser testado. Portanto, o aspecto da *limitação* se tornou importante como referência para compreendermos a fala das estudantes ao levantarem esse problema no modelo.

Em outro momento, a professora retornou ao G2 com novas questões, focando nas concepções prévias que os estudantes tinham em relação a modelos. Inicialmente, os estudantes tiveram dificuldades em apresentar uma definição ou mesmo em citar exemplos que considerassem como modelos. Essa observação não

é incomum, pois em muitos contextos de ensino relacionados às disciplinas das Ciências da Natureza, o foco costuma ser tradicionalmente colocado na representação do fenômeno (usando modelos imagéticos, gráficos, equações matemáticas, entre outros), seguido pelo nível submicroscópico (nível molecular, em que se busca compreender, por exemplo, as interações intermoleculares entre as moléculas de água) e, por último, chegando a uma visualização em nível macroscópico (como entender as interações intermoleculares das moléculas de água nos diferentes estados físicos).

Essa abordagem tem sido alvo de críticas em alguns trabalhos (ver também em Johnstone, 2009; Johnstone, 2010), já que muitas vezes valoriza-se a quantidade de informações nos dois primeiros níveis, relegando o terceiro nível a um papel secundário, resultando em uma sobrecarga de informações e comprometendo o processo de aprendizado (Melo; Silva, 2019). Portanto, dado que a compreensão de modelos não é natural para os estudantes, começar o processo a partir das representações pode levar a uma falta de significado nas relações que eles estabelecerão em relação à representatividade desses modelos no conhecimento que eles visam explicar ou compreender. O diálogo a seguir demonstra essas observações:

> **Patrícia (G2):** Por exemplo, uma maquete seria um modelo?
>
> **Professora:** Uma pergunta! Você acha que maquete é um modelo?
>
> **Patrícia (G2):** Para representar sim.
>
> **Professora:** Maquete é um modelo que a gente constrói, não é a coisa em si.
>
> **Patrícia (G2):** Se for assim, a gente tem laboratório. Pode ser?
>
> **Professora:** Laboratório de hospedagem quer dizer que é uma simulação, não é?
>
> **Patrícia (G2):** É! De uma hotelaria.
>
> **Professora:** Sim! Quer dizer, mostra como funciona, mas não é propriamente um hotel. Vocês conseguem ver em algum outro momento, no ensino médio por exemplo, onde tem modelos?
>
> **Patrícia (G2):** Ah! Quando estamos estudando algum tipo de doença, modelos atômicos.
>
> **Professora:** Entendi! Será que esse modelo tem o mesmo sentido de modelo na ciência? Por exemplo, será que o modelo atômico de Bohr tem esse sentido? Por que nós chamamos de modelo o modelo atômico de Bohr?

> **Professora**: Quando a gente vai pensar em modelos na ciência, principalmente em química, física e biologia que são as áreas da ciências da natureza, vocês acham que tem alguma coisa semelhante desse processo que vocês estão fazendo aqui para construir esses modelos com os modelos que são descritos na ciência? Tem alguma coisa que vocês percebem que pode haver alguma semelhança?
>
> **Grupo:** Com a ciência?
>
> **Professora:** É! Precisa ser agora não, pensem nisso: uma coisa mais dinâmica, que precise ficar quebrando a cabeça, tem a ver com a produção de modelos na ciência?
>
> **Grupo:** Sim! Provavelmente. Porque se os cientistas vão desenhar algo para representar, a gente também desenhou a máquina.
>
> **Professora:** É uma semelhança, mas nem todo modelo é desenhado, o modelo pode ser uma explicação por exemplo. O modelo atômico de Bohr não é só pegar o desenho, tem que ter uma explicação junto, pois caso contrário não teria sentido.
>
> **Grupo:** Entendi.

As questões da professora foram classificadas como QCP e QPM, porque a princípio, as questões iniciais tinham o objetivo de identificar o que os estudantes compreendiam sobre o uso e o papel dos modelos. Contudo, próximo ao final desse evento, a professora queria que os estudantes relacionassem a construção dos modelos que haviam feito nas atividades de modelagem com os modelos que são produzidos na Ciência. Nessa intervenção, a professora seguiu alguns passos: (i) contextualização com o cotidiano dos estudantes; (ii) definição de modelos a partir dos exemplos dos estudantes; (iii) exploração da utilidade e/ou aplicabilidade dos modelos nos contextos da Ciência; e (iv) o estabelecimento das relações existentes com o processo que os estudantes haviam vivenciado até aquele momento nas atividades de modelagem.

Esses passos mostraram como a professora teve o cuidado em colaborar com a construção da compreensão dos estudantes sobre modelos, o que teria impacto significativo nas atividades futuras. Nesse sentido, atrelados aos passos (i) e (ii) podemos observar que o aspecto que caracterizou as questões da professora e os exemplos manifestados pelos estudantes estiveram associados à *representação*, pois exemplos como, maquete, laboratório de hospedagem, foram citações que marcaram o papel dos modelos, ou seja, mostra em que situações cotidianas os estudantes já tiveram que utilizar os diferentes modos para representar algo, ou mesmo pelas palavras da professora.

No passo (iii), a professora alterou o perfil das questões, iniciando uma discussão sobre a construção de modelos. Nessa situação, as questões foram caracterizadas como QPM, pois passaram a ter uma intencionalidade explícita de justapô-las aos conhecimentos prévios que os estudantes já possuíam, como foi o caso dos modelos atômicos. A questão que trouxe essa abordagem continuou focada no aspecto da *representação*, com o objetivo de compreender se o modelo atômico de Bohr teria o mesmo sentido ou função quando o inserimos no contexto da própria Ciência. A partir dessa reflexão, buscou-se entender por que atribuímos esse nome ao modelo: modelo de Bohr. Contudo, os estudantes não ofereceram respostas a essas questões, talvez devido ao nível de profundidade dessas em relação ao conhecimento prévio deles.

No último passo (iv), a professora apresentou uma nova QPM aos estudantes do G2, questionando se em algum momento eles tiveram a oportunidade de construir modelos, assim como fizeram para a máquina de refrigerantes. Essa pergunta destacou o aspecto da *representação* e da *epistemologia*, uma vez que, após as discussões anteriores sobre o papel dos modelos, a definição se concentrou na ideia de representar algo que se deseja explicar ou compreender e, assim, desenvolver o conhecimento.

Essa abordagem é respaldada pela fala de Rosana (G2), que associou esse tipo de processo ao que normalmente fazem em atividades específicas do seu curso técnico de informática. Nesse momento, a estudante explicitou essa relação com o aspecto da *representação* ao citar a construção de sites e layouts como exemplo, semelhante ao processo que estavam vivenciando nas atividades. A visão da estudante era de que a necessidade de esquematizar cada elemento de um site era fundamental para obter uma compreensão básica de como seria o seu funcionamento e os modos em que seria estruturado.

Partindo para uma nova QPM, a professora tentou investigar qual seria a opinião dos estudantes do G2 sobre as possíveis semelhanças que poderiam existir quando relacionassem os modelos descritos pela Ciência, ou mesmo os modelos que eles já visualizaram ao longo do ensino médio, (como por exemplo, modelos atômicos, modelos celulares, equações matemáticas) com o processo de construir modelos que os estudantes estavam vivenciando naquele momento. Essa é uma questão que está ancorada no aspecto *epistemologia*, pois está relacionando dois processos

epistêmicos que, por si só, exigem a passagem por várias etapas para alcançar um objetivo.

Os estudantes do G2 demonstraram convicção de que provavelmente existem relações entre os modelos da Ciência e o processo de construir modelos, principalmente ao se concentrarem no modo de representação que eles expressaram até o momento, através de desenhos que ilustravam o funcionamento da máquina de refrigerantes. Nesse contexto, torna-se interessante discutir como as experiências ao longo das atividades os levaram a fazer essa relação com a Ciência. Isso pode indicar uma percepção crescente da importância do aspecto *representação* e da modelagem no contexto científico. A fala do grupo a seguir demonstra essa reflexão: “Sim! Provavelmente. Porque se os cientistas vão desenhar algo para representar, a gente também desenhou a máquina”. Percebemos também que, nesse discurso, o grupo se limitou a apenas um tipo de representação, o que é compreensível, dado que até esse momento eles haviam utilizado apenas esse modo para executar as atividades de modelagem. Para ressignificar essa fala, a professora destacou aos estudantes que nem todo modelo na Ciência será necessariamente desenhado, pois pode se apresentar na forma de uma explicação. Ela retomou a discussão sobre o modelo de Bohr, enfatizando: “O modelo atômico de Bohr não é apenas um desenho; é preciso ter uma explicação junto, pois caso contrário não teria sentido”. Nesse ponto, a professora deixou claro que o modelo não é autoexplicativo; é necessário fornecer uma descrição clara de todos os pontos que o modelo busca representar (Gilbert; Justi, 2016). Dessa forma, ela introduziu um novo critério para a elaboração de um modelo, enfatizando a necessidade de um objetivo para que ele desempenhe sua função de forma ativa e representativa de um conhecimento. Nesse caso a professora mobilizou o aspecto *modos de comunicação*, por focalizar sua fala na função comunicativa que o modelo possui ao representar o um constructo.

Em um outro evento, partimos para o G3, e a professora e a PQ1 se dirigiram aos seus integrantes na intenção de acompanhar o progresso do grupo durante a Atividade 2:

> **PQ1:** E aí, vocês conseguiram pensar em alguma ideia?
> **Sofia (G3):** A gente pensou.
> **Paula (G3):** E aí a gente vai ter que fazer outro modelo.

> **PQ1:** Vai ter que fazer outro modelo? Então, aí vocês vão pegar o que vocês já fizeram e jogar fora, descartar?
>
> **Sofia (G3):** Não, vamos ter que acrescentar coisas nele.
>
> **PQ1:** Então vocês vão ter que adequar.
>
> **Sofia (G3):** Isso, adequar o modelo.
>
> **PQ1:** Em que, por exemplo?
>
> **Paula (G3):** Porque a gente não colocou a questão da refrigeração, e essa segunda (*condição apresentada no Quadro 1*) é sobre refrigeração.
>
> **PQ1:** E como é que resolve isso no modelo de vocês?
>
> **Sofia (G3):** Adicionar isso, porque no nosso modelo a gente nem considerou isso (*a refrigeração*).
>
> **Paula (G3):** Colocar a tomada, porque a máquina é totalmente eletrônica.
>
> **PQ1:** Porque não basta a gente só falar da refrigeração. Porque a gente acha tão óbvio a questão da tomada e esquece de que a máquina precisa estar ligada na tomada para poder funcionar.

Nesse contexto, Paula (G3) relatou que o grupo precisaria elaborar um novo modelo para conseguirem explicar as condições da atividade. Então, a PQ1 perguntou à estudante se o modelo anterior teria de ser descartado para que o grupo conseguisse explicar as questões da atividade. Essa questão é classificada como uma QRM, pois as intenções estão ligadas à natureza do próprio modelo, ou seja, se haveria mesmo a necessidade de excluir todas as ideias apresentadas no protomodelo. Com a colaboração da Sofia (G3), a ideia anterior de sua colega foi reinterpretada para a necessidade de incluírem elementos que eles não haviam considerado e que tornariam o modelo capaz de explicar as condições da atividade. Então a PQ1, buscando entender o que eles teriam que modificar no modelo, mobilizou uma nova QRM, visando obter essa informação do grupo. A partir daí, Sofia (G3) considerou a inclusão do sistema de refrigeração e de uma tomada, elementos estes que não estavam descritos no protomodelo e que foram discutidos na primeira socialização que realizaram na Atividade 1.

Analisando as QRM propostas pela PQ1, percebemos que ambas explicitaram o aspecto da *limitação*, ao tentarem fazer com que os estudantes refletissem sobre o que o modelo não conseguia explicar e como poderiam solucionar esse problema. Da mesma forma, as manifestações dos estudantes também estavam relacionadas ao aspecto da *limitação*, pois consideraram a importância de promover modificações no modelo testado.

Essa evidência se apresentou quando a professora questionou por que os estudantes decidiram incluir a refrigeração e a tomada no protomodelo. Em resposta, Sofia (G3) explicou que em nenhum momento o grupo previu a necessidade de explicar a eletricidade no modelo, que é fundamental para o funcionamento de todos os sistemas da máquina, incluindo o sistema de refrigeração. Portanto, esses critérios limitadores foram essenciais para que pudessem resolver o problema apresentado nas duas condições da atividade.

Nesse mesmo evento, é importante considerarmos que, além das questões feitas pela professora e pela PQ1, as reflexões que essas questões suscitaram desempenharam um papel crucial no processo de modelagem. Isso se deve ao fato de que, ao analisar esse evento, percebemos que uma das etapas que emergiram das discussões foi a etapa de *teste*. O perfil das questões da professora e PQ1 refletiu essa etapa, uma vez que buscou identificar peculiaridades em um contexto semelhante ao inicial, que não foram esclarecidas ou consideradas de alguma forma. Portanto, testar o modelo se mostrou fundamental nesse momento.

Além disso, a etapa de *expressão* também foi evidenciada quando observamos as adaptações que os estudantes consideraram para o seu modelo. Logo, as reflexões ao final das declarações dos estudantes desempenharam um papel essencial para credibilizá-los quanto ao conhecimento que estavam mobilizando em suas redes cognitivas. Em situações como essas, fazer apenas perguntas nem sempre resolve as dúvidas ou direciona os estudantes de maneira sensata e coerente na atividade. Portanto, reflexões, como as apresentadas pelas pesquisadoras, valorizam o pensamento dos estudantes na resolução dos desafios impostos a eles, mesmo que, por vezes, esses pensamentos não sejam tão precisos como se esperaria.

Em um outro evento, as pesquisadoras (PQ1 e PQ2) realizaram uma intervenção no G3, com as mesmas intenções explicitadas quando estiveram acompanhando o G1. Nesse momento, elas conduziram uma entrevista no grupo, com o objetivo de identificar as concepções que os estudantes possuíam sobre a NdC. Para tal, as questões propostas pelas pesquisadoras tinham caráter do tipo QMT, justificadas pelo contexto da entrevista e pela visão do grupo sobre Ciência:

> **PQ2:** Como é que vocês imaginam que um cientista é? Como ele trabalha? Como é a vida deles?

> **Sofia (G3):** Eu sinceramente não sei, eu admito. Isso é o que mais me deixa em dúvida.
>
> **PQ2:** O trabalho dele (*cientista*), como é para você?
>
> **Júlia (G3):** O de desenvolver várias pesquisas.
>
> **Sofia (G3):** Concordo, porque ele (*cientista*) está sempre criando questões por ele mesmo.
>
> **Sabrina (G3):** É meio complicado, porque os grandes cientistas, aqueles que descobriram coisas que antigamente não faziam sentido e que hoje fazem todo sentido e são essenciais, eles descobriram do nada.
>
> **Paula (G3):** Para mim é tudo na base da curiosidade.
>
> **PQ1:** Então você acha que uma característica que o cientista tem que ter é ser curioso?
>
> **Sofia:** Eu acho.
>
> **Paula (G3):** Muito, extremamente.
>
> **Sofia (G3):** Por exemplo, chega uma pessoa e fala que essa parede é branca e vai embora. Agora um cientista questiona o porquê a parede é branca, daí ele começa a pesquisar, ele descobre alguma coisa.
>
> **PQ2:** E como é essa pesquisa? Como você imagina o que ele faz nessa pesquisa?
>
> **Sofia (G3):** Ele busca todas as explicações possíveis.
>
> **Júlia (G3):** Que já existem. Tipo, o que as pessoas já falaram sobre aquilo antes [...].
>
> **PQ2:** Então, primeiro ele (*cientista*) vai estudar?
>
> **Sofia (G3):** Sim. Porque existe a questão que ele vai investigar. Aí é como se tivesse vários ramos que saem de formas distintas de explicação dessa questão. Aí tem a explicação química, tem a explicação biológica, tem a explicação cultural.
>
> **Júlia (G3):** Ele faz a pergunta e tenta pesquisar um modo de responder.
>
> **PQ2:** Então primeiro ele faz um estudo, um levantamento do que já está sendo discutido sobre a questão?
>
> **Sofia (G3):** De todas as questões que ele pode fazer sobre aquilo.

A primeira questão que introduziu essa investigação trouxe à tona o aspecto da *personalidade*, pois buscou entender (i) quais as características do cientista; (i) como ele trabalha; e (iii) quais as relações que ele estabelece com sua vida pessoal. Esta última está mais atrelada ao aspecto *influência motivacional*, pois relações extrínsecas como as obtidas no modo interpessoal são importantes influências que podem afetar diretamente no desenvolvimento e/ou uso do conhecimento científico. Isso fez com

que os estudantes fossem impulsionados a considerar outras fontes de motivação para o cientista, não apenas a intrínseca.

A segunda QMT, que investigou como ocorre o funcionamento do trabalho de um cientista, levou os estudantes a pensarem sobre o aspecto da *epistemologia*. Nesse sentido, a questão visava obter a compreensão do processo como um todo, levando em consideração as etapas e as escolhas que os cientistas fazem para alcançar um determinado objetivo.

Para essas duas questões iniciais, um aspecto que os estudantes manifestaram foi a *criatividade*, quando Sofia (G3) afirmou que os cientistas estão sempre criando algo por conta própria, ou seja, criar, inventar ou produzir algo novo faz parte das características do trabalho do cientista. No entanto, na mesma fala, a estudante não leva em consideração que o processo criativo também possa ser influenciado por outros fatores externos, como contextos políticos, econômicos e culturais.

Ao opinar sobre as questões da PQ2, Sabrina (G3) manifestou o aspecto da *progressividade*, ao mencionar como os conhecimentos desenvolvidos por grandes nomes da Ciência ainda são importantes e aplicáveis atualmente. Isso evidenciou que os conhecimentos científicos necessitam de tempo para serem comunicados e avaliados entre os pares de forma processual. Essa perspectiva demonstrou a compreensão de que a Ciência é um processo evolutivo e que as descobertas passadas contribuem para o conhecimento atual.

Outra declaração importante surgiu na fala de Paula (G3), que apontou como essencial para o cientista ter curiosidade, o que se encaixa no aspecto da *personalidade*. Essa associação já havia se estabelecido na intervenção do G1 que refletiu diretamente no processo investigativo e criativo da Ciência. Isso ficou ainda mais explícito quando Sofia (G3) fez uma comparação entre uma pessoa leiga em Ciência e um cientista. Essa comparação destacou a capacidade do cientista de visualizar detalhes e ter uma compreensão mais profunda do problema, cogitando para a compreensão da importância do contexto da descoberta na Ciência. Isso sugeriu que os estudantes estavam cientes de que os cientistas não operam no vácuo, mas são influenciados pelo contexto em que estão inseridos.

Uma outra parte dessa intervenção no G3 parece ter fornecido mais insights interessantes sobre a compreensão dos estudantes em relação à NdC. O aspecto da *não linearidade* surgiu a partir da ideia de que os cientistas não partem do zero, mas sempre se baseiam em trabalhos anteriores, revelando a compreensão da *não linearidade* da Ciência. Júlia (G3) mencionou nesse contexto que os cientistas fazem um levantamento de outros trabalhos que contribuíram para o mesmo problema. Isso demonstrou a crença de que a pesquisa científica se baseia em uma acumulação contínua de conhecimentos, e os cientistas constroem suas descobertas com base nas contribuições anteriores. Portanto, essa visão sugere uma compreensão da Ciência como um processo não linear e cumulativo.

Um outro aspecto manifestado foi a *epistemologia*, quando Sofia (G3) mencionou que um cientista poderia investigar diferentes pontos de vista de um mesmo problema de pesquisa. Isso indicou uma compreensão de que a Ciência pode abordar um problema a partir de diversas perspectivas, como por exemplo, através da química, biologia e/ou cultura, mostrando a flexibilidade da Ciência em relação a diferentes abordagens para a mesma questão. A *epistemologia* refere-se à natureza do conhecimento e à forma como ele é adquirido, e a resposta de Sofia (G3) sugere que os estudantes estão conscientes de que a Ciência adota abordagens variadas para explorar o conhecimento.

Após a diversidade de pontos de vista apresentados pelos estudantes, a PQ2 reuniu as várias ideias e, em seguida, relacionou o fato de os cientistas pesquisarem e discutirem os resultados em diferentes perspectivas. Logo depois, ela fez uma nova pergunta do tipo QMT, questionando o G3 sobre quais seriam os próximos passos após o processo de pesquisa. Aqui, o aspecto da *epistemologia* emergiu, trazendo contribuições sobre os caminhos finais que o cientista deveria seguir, como comunicar esses dados com seus pares, testar e avaliar o conhecimento produzido para que, no final, seja amplamente divulgado:

> **PQ2:** Depois que ele faz o levantamento de tudo que vocês disseram [...] vai para a biologia e tentam investigar o porquê a parede é branca, vai para a área da química e depois para o aspecto cultural, ou seja, eles vão permeando essas áreas. Depois que eles levantam essas ideias e obtém as discussões de cada área o que eles fazem?
>
> **Júlia (G3):** Eu acho que eles tiram as próprias conclusões.
>
> **Paula (G3):** Eles pesquisam cada uma (*questão*) e escolhem uma delas.

> **Sofia (G3):** Ah! mas a pesquisa dele não fica só em livros, porque ele (*cientista*) é uma das pessoas que fazem os livros que a gente estuda hoje, então eu acho que ele vai pesquisar na prática mesmo [...] em laboratório, fazendo testes.
>
> **Paula (G3):** Por exemplo, na questão cultural ele vai investigar por que aquilo não é considerado correto. Então ele vai investigar um por um (*áreas mencionadas anteriormente*).
>
> **Sabrina (G3):** É igual o homem (*cientista*) que descobriu o antibiótico. Foi por acaso, ele deixou lá e aconteceu por acaso, ou seja, com aquilo que ele obteve foi começando a pesquisar, por que cresceu fungos e não as bactérias? Os fungos que inibiram o crescimento das bactérias?
>
> **Sofia (G3):** É igual àquela ideia básica da ervilha sobre cruzamento genético, onde o cientista fez vários cruzamentos com ervilhas diferentes.

A fala de Paula (G3) ressaltou a importância dos aspectos da *influência cultural* e da *ética* na pesquisa científica. Ela mencionou como o cientista investiga por que algo não é considerado correto em uma perspectiva cultural, evidenciando como as normas culturais e os valores éticos podem impactar o desenvolvimento e a aceitação do conhecimento científico.

Além disso, a menção ao aspecto da *ética* na fala de Paula (G3) também é relevante, pois sugere que os cientistas precisam considerar questões éticas ao conduzir suas pesquisas, especialmente quando se trata de tópicos sensíveis ou controversos. A *ética* desempenha um papel fundamental na tomada de decisões científicas e na maneira como o conhecimento é aplicado e compartilhado, levando em consideração a ideia de certo ou errado.

Em outro instante, Sabrina (G3) menciona o exemplo da descoberta da penicilina, o que se tornou relevante no contexto, pois demonstrou a importância da observação atenta e da disposição para questionar resultados inesperados na pesquisa científica. O exemplo da penicilina[14], uma das descobertas acidentais mais

[14] Uma das descobertas acidentais mais famosas na ciência envolvendo um antibiótico foi a descoberta da penicilina por Alexander Fleming em 1928. Fleming era um cientista escocês que estava trabalhando no St. Mary's Hospital em Londres. Ele estava pesquisando bactérias e estava realizando experimentos com *Staphylococcus* quando deixou acidentalmente uma placa de Petri contendo as bactérias exposta ao ar por um período de tempo (Calixto; Cavalheiro, 2012). Fleming notou que havia desenvolvido mofo na placa de Petri e, para sua surpresa, as bactérias próximas ao mofo haviam sido mortas. Ele percebeu que o mofo, posteriormente identificado como *Penicillium notatum*, liberava uma substância que tinha propriedades antibacterianas (Calixto; Cavalheiro, 2012). Essa substância ficou conhecida como penicilina e revolucionou a medicina ao se tornar o primeiro antibiótico amplamente utilizado para tratar infecções bacterianas. A descoberta acidental da penicilina por Alexander Fleming abriu caminho para o desenvolvimento de uma variedade de antibióticos que revolucionaram o tratamento de doenças infecciosas e tiveram um impacto significativo na medicina moderna (Ferreira *et al.*, 2008).

famosas na história da Ciência, ilustra como um incidente fortuito levou a uma descoberta revolucionária na medicina. Isso ressaltou o papel da observação cuidadosa e da capacidade de reconhecer oportunidades, mesmo em resultados não planejados.

Essa observação de Sabrina (G3) contribuiu para a compreensão da capacidade dos cientistas de fazer descobertas importantes por acaso. Como apresentado, isso reflete a serendipidade, que desafia a visão tradicional de que a pesquisa científica é um processo linear e altamente controlado (aspecto da *não linearidade do pensamento*), destacando a imprevisibilidade e o aspecto da *criatividade* envolvidas na Ciência. Portanto, a menção da descoberta desse antibiótico por Sabrina (G3) ajudou a enfatizar a complexidade da NdC e como eventos acidentais também desempenham um papel significativo na produção e no uso do conhecimento científico.

Em consonância às falas anteriores, Sofia (G3) suscitou nesse mesmo evento um importante passo da pesquisa científica, as etapas de *teste*. A observação de Sofia (G3) sobre os estudos de Mendel na genética e a menção de que o cientista realiza testes como parte de sua pesquisa científica são pertinentes para a compreensão das etapas do processo científico. O exemplo de Mendel[15] sobre os estudos genéticos envolvendo cruzamentos entre ervilhas foi relevante a essa reflexão, pois demonstrou como os cientistas conduzem experimentos para testar hipóteses e coletar dados empíricos que fundamentam o conhecimento científico. Esses testes empíricos desempenham um papel crucial no avanço da Ciência.

Percebendo que a estudante havia apresentado uma associação com os testes empíricos, a PQ2 realizou uma nova QMT:

> **PQ2:** Esses cruzamentos são testes que eles fazem?
>
> **Sofia (G3):** É, porque eu acho que ele (*cientista*) ficou curioso. Tipo assim, ele pensou: Ah! Deixa-me ver como funciona isso com isso.

Dada a natureza da pergunta, Sofia (G3) manifestou o aspecto da *personalidade*, ao confirmar que os testes seriam oriundos da curiosidade que o

[15] O cruzamento genético da ervilha proposto por Gregor Mendel é um dos experimentos mais famosos na história da genética e serviu como base para o desenvolvimento de princípios fundamentais da herança genética. Mendel conduziu uma série de experimentos com ervilhas (*Pisum sativum*) entre 1856 e 1863, onde estudou a transmissão de características hereditárias em plantas (Brandão; Ferreira, 2009).

cientista teria ao observar determinados fenômenos ao longo do seu trabalho. A ênfase na curiosidade como um traço da *personalidade* do cientista é igualmente relevante. A curiosidade é parte fundamental do processo criativo e investigativo na Ciência. Portanto, associar a curiosidade ao aspecto da *personalidade* é apropriado, pois refletiu a motivação intrínseca dos cientistas ao buscarem o entendimento e a expansão do conhecimento.

É positivo notar que os estudantes do G3 reconheceram a importância das etapas de *teste* no processo de produção de conhecimento científico. Embora isso possa não ter sido diretamente ligado às atividades de modelagem, é valioso, pois indica que os estudantes estiveram ampliando sua compreensão das práticas científicas, incluindo a relevância dos *testes* nesse processo.

Em outro evento dessa intervenção no G3, os estudantes estabeleceram uma conexão direta entre as atividades que estavam realizando em seus cursos técnicos, especialmente em relação aos trabalhos de conclusão de curso (TCC), e a pesquisa científica. O fato de os estudantes estarem desenvolvendo seus TCC também pode ter contribuído para sua compreensão da NdC e das várias abordagens à pesquisa, como pesquisa empírica e teórica.

> **Júlia (G3):** É igual TCC. Primeiro a gente faz aquela pesquisa toda sobre o que as pessoas acham.
>
> **PQ2:** A revisão de literatura!
>
> **Júlia (G3):** Isso. Depois a gente vai e faz na prática. No meu TCC, por exemplo, a gente perguntou fazendo pesquisa com questionários. Depois a gente fez análise sensorial. Então, tipo assim, a gente tem que abranger mesmo, fazer pesquisa. Primeiro a gente adquire conhecimento do que é, depois a gente pesquisa e no final a gente tira conclusões do que é aquilo, por exemplo, se teve alguma coisa que foi observada e que também apareceu nas pesquisas que a gente fez.
>
> **PQ1:** Então para vocês, observar um fenômeno seja ele qual for também é importante?
>
> **Júlia (G3):** Sim.
>
> **Sofia (G3):** Eu também faço TCC, só que o dela (*Júlia*) é bem diferente do meu. O meu é totalmente prático porque a gente vai fazer uma enxertia[16].

[16] A enxertia proporciona o desenvolvimento de uma nova planta a partir da associação íntima entre duas partes de diferentes plantas, ou seja, basicamente a união do tecido vegetal de diferentes espécies (Peil, 2003).

Ao perceber que os estudantes reconheceram que a pesquisa científica pode incluir experimentos em laboratórios, além da coleta e análise de dados do mundo real, como em suas próprias pesquisas, a PQ2 avançou em sua investigação no grupo. Agora, ela buscou compreender se esses tipos de testes são restritos apenas ao ambiente laboratorial. Para essa QMT identificamos a mobilização do aspecto da *epistemologia*, visto que os tipos de teste são parte dos critérios e processos da prática científica em produzir conhecimento.

Durante a mesma QMT, as contribuições de Júlia (G3) e Sofia (G3) foram significativas, revelando alguns aspectos de NdC. Júlia (G3) demonstrou o aspecto da *racionalidade* ao descrever as principais etapas de seu TCC, que possui um caráter mais teórico. Algumas dessas etapas foram: (i) elaborar uma revisão de literatura para saber o que as outras pessoas [cientistas] têm apresentado sobre o assunto; (ii) coletar os dados relacionados ao que se deseja investigar, como entrevistas por meio de questionários, ou, no caso específico do trabalho da estudante, a realização de uma análise sensorial; e (iii) obter as possíveis conclusões dos dados obtidos. Esses caminhos representaram quais foram as escolhas racionais da estudante no desenvolvimento de sua pesquisa, observando uma sequência lógica e interdependente entre as etapas.

A nova QMT da PQ2 buscou entender qual seria o nível de importância atribuído pelos estudantes à pesquisa empírica em relação à pesquisa teórica e vice-versa. Essa questão, por continuar a investigar as visões dos estudantes sobre a Ciência, trouxe à tona o aspecto da *epistemologia*, uma vez que pretendia averiguar se os estudantes apresentariam ideias indicando que esses dois tipos de pesquisa têm papéis indiferentes entre si. Essa investigação buscou compreender como os estudantes percebem a relação entre a pesquisa empírica e a pesquisa teórica na construção do conhecimento científico.

> **PQ2:** Mas você acha que a pesquisa teórica é mais importante do que a empírica?
>
> **Sofia (G3):** Não, eu acho que as duas são extremamente importantes.
>
> **PQ2:** Elas dialogam!
>
> **Sofia (G3):** Isso, no tempo de cada uma. Não pode chegar e já ir testando, você primeiro tem que criar, escrever e depois executar.

Na discussão, a racionalidade foi evidenciada quando Sofia (G3) descreveu as etapas lógicas e sequenciais de seu projeto de pesquisa sobre enxertia de plantas:

> **Sofia (G3):** [...] a gente começou a pesquisar coisas na área da agropecuária, daí a gente descobriu a enxertia que é (*uma técnica*) ornamental, mas é interessante. Então a gente não sabe de onde surgiu a enxertia, a gente não sabe quais foram as primeiras plantas a serem enxertadas. Então a gente pensou assim, vamos fazer, vamos escolher uma que tem características anatômicas e que dê para a gente usar. Daí a gente começou a estudar a adaptação das plantas umas com as outras, do crescimento ser igual ou diferente entre elas. Mas foi uma coisa que a gente já pegou (*estudos já confirmados*). Elas (*meninas que fazem pesquisas de caráter teórico*) não, porque começaram com uma base que se estabilizou (*base teórica*) e a partir daí foram construindo.

No entanto, dada a complexidade do objeto de estudo, foram necessárias abordagens alternativas para lidar com desafios, como a identificação do início do processo de enxertia. Isso ilustrou como os cientistas respondem às dificuldades em seus trabalhos, manifestando o aspecto da *complexidade*.

Sofia (G3) também trouxe à tona o aspecto da *epistemologia* ao comparar sua pesquisa empírica com a pesquisa teórica de Júlia (G3). Ela destacou que a pesquisa teórica busca estabelecer bases de conhecimento, como definições ou conceitos, enquanto a pesquisa empírica parte de estudos confirmados por outros pesquisadores, demonstrando uma compreensão das diferentes abordagens na produção do conhecimento científico.

A compreensão dos estudantes de que existe uma relação e um fluxo entre pesquisa teórica e pesquisa empírica demonstraram uma visão realista da prática científica. A pesquisa teórica muitas vezes precede a pesquisa empírica, pois os cientistas precisam primeiro desenvolver uma base teórica sólida antes de realizar experimentos ou coletar dados. Isso é essencial para garantir que a pesquisa seja bem fundamentada e que os experimentos sejam projetados com base em conhecimentos existentes. Essa abordagem refletiu a importância de combinar a teoria com a prática na pesquisa científica. É um processo iterativo em que a teoria informa a prática e, por sua vez, os resultados da prática podem levar a novos desenvolvimentos teóricos.

Nesse trecho, dois aspectos foram manifestados na fala dos estudantes. O primeiro está ligado à *racionalidade*, uma vez que normalmente a teoria precede a

prática, representando um caminho lógico e fundamental a ser seguido. O segundo aspecto é o da *representação*, pois Sofia (G3) expressou a necessidade de utilizar a escrita como forma de organizar as ideias para um bom planejamento, exequível ao realizar ensaios empíricos.

Em outro momento, as discussões a respeito do trabalho em grupo começaram a surgir. Isso se deu no instante em que a PQ2 buscava compreender qual a visão dos estudantes sobre o trabalho em grupo a partir das experiências que eles tinham com seus trabalhos de TCC:

> **PQ2:** E em que um grupo ajuda?

Logo, essa QMT questionava quais as contribuições do trabalho em grupo, o que abordou o aspecto *interação entre cientistas*, uma vez que compreender o papel social da produção de conhecimento científico pode trazer impactos significativos no conhecimento que será desenvolvido, pois esse tipo de interação leva em consideração seus diferentes modos, como por exemplo, contribuições ou discordâncias de ideias (Santos *et al.*, 2020).

> **Sofia (G3):** [...] eu acho que um grupo são várias cabeças. Igual aqui mesmo teve isso, uma coisa vai complementando [...] uma coisa vai quebrando uma ideia sua que estava um pouco errada. Porque a gente precisa criar uma coisa sólida, então eu acho que cada coisa sua que é quebradiça, cada ideia sua que tem uma chance de ter algum deslize, vai ter alguém para poder te ajudar.
>
> **Paula (G3):** Igual a aula de hoje, foi uma máquina, então qualquer botãozinho que não estiver ligado com o outro causa um erro total.

Sofia (G3) trouxe uma importante relação entre o trabalho em grupo na prática científica e aquele que eles planejaram ao longo das atividades de modelagem. Para ela, uma das contribuições mais significativas está relacionada ao fato de que as pessoas pensam de maneira diferente, o que permite que contribuam com ideias complementares. Quando isso acontece, “uma coisa [conhecimento] vai quebrar uma ideia sua que estava um pouco errada”. Ou seja, falhas podem ocorrer, assim como mudanças no percurso do pensamento. Isso ocorre devido às influências de outros membros do grupo que aprimoram as ideias iniciais ou convencem de que elas não são mais adequadas para o contexto em questão. Essa dinâmica reflete a natureza do trabalho colaborativo e o papel da diversidade de perspectivas no processo de construção do conhecimento científico.

Os aspectos manifestados por Sofia (G3), como a *não linearidade do pensamento* e a *falibilidade*, estão intrinsecamente ligados à dinâmica da construção do conhecimento científico. A *não linearidade do pensamento* reflete as mudanças na maneira como os cientistas pensam, que ocorrem devido à interação e discussão entre pares. Essas mudanças não lineares podem ser influenciadas pelas contribuições dos membros do grupo, manifestando o aspecto da *interação entre cientistas,* que oferecem diferentes perspectivas e ideias que podem levar a revisões conceituais e ajustes no modelo.

Além disso, a *falibilidade* também está presente, uma vez que as mudanças no pensamento muitas vezes resultam de reconhecimento de erros ou inadequações nas ideias iniciais. Isso destacou a importância das falhas e limitações como parte integrante do processo de construção do conhecimento científico. Através da discussão e da identificação de falhas, os cientistas podem ajustar e aprimorar suas concepções, aproximando-se de modelos mais precisos e abrangentes.

A relação que os estudantes estabeleceram entre as atividades de modelagem e o trabalho em grupo dentro da Ciência é significativa, pois demonstraram como a modelagem pode estar intrinsicamente ligada a várias etapas do processo científico. A *criação*, como mencionada por Sofia (G3), é uma etapa que envolve a geração e organização de ideias para criar algo bem estruturado e funcional, seja um modelo na atividade de modelagem ou um projeto de pesquisa científica. O objetivo de ambos é a elaboração de um modelo mental consistente e bem estruturado.

A etapa de *criação* não é isolada, e sua relação com a etapa de *expressão* é fundamental. A representação dos modelos mentais em diferentes modos, como a escrita, desenhos ou discussões, facilita a comunicação e a expressão das ideias. Isso é especialmente relevante para garantir que os modelos sejam compreensíveis e que as limitações sejam minimizadas, principalmente durante a etapa de *teste*. A interação entre os membros do grupo, como mencionado por Paula (G3), destacou a importância de deixar descritos todos os detalhes envolvendo a elaboração do modelo, contribuindo para a clareza do processo de construção do conhecimento.

Essa interligação entre *criação*, *expressão* e *teste* destacou como a modelagem, além de ser uma ferramenta de aprendizado, também refletiu muitos dos processos e princípios envolvidos na prática científica, promovendo uma compreensão mais profunda do pensamento científico.

A *influência motivacional* e o uso de conhecimentos prévios são aspectos significativos na construção de modelos e na prática científica em geral. É interessante observar como os estudantes do grupo reconhecem a importância desses fatores no desenvolvimento de seus modelos. Para isso, o tipo de questão mobilizado pela PQ2 continuou sendo como QMT, isso porque ela ainda tinha intenções explícitas de compreender quais as opiniões dos estudantes sobre essa *influência motivacional* no contexto da elaboração do modelo.

> **PQ2:** Então, vocês estão associando ao que vocês vivenciaram pelo que eu entendi. O que vocês estão vivenciando tem um pouco a ver. Porque primeiramente vocês tiveram que pensar em um modelo. E aí, vocês utilizaram conhecimentos de onde?
>
> **Sofia (G3):** Da gente mesmo. Conhecimentos que a gente já sabia.
>
> **PQ2:** Conhecimentos pessoais e experiências. É aquilo que você falou, na pesquisa a pessoa (*cientista*) tem que pegar conhecimentos anteriores para ajudar a continuar, se ele não tivesse esses conhecimentos prévios não teria nenhuma base.

A *influência motivacional* refere-se às motivações internas e externas que impulsionaram os estudantes a elaborarem modelos e a se engajarem na prática científica. Isso pode incluir o interesse pessoal, a curiosidade, a busca por soluções para problemas reais, ou até mesmo a influência de professores e colegas. O reconhecimento desse aspecto ajuda a entender o que levou os estudantes a se envolverem em atividades de modelagem e como a motivação pode influenciar a qualidade de seus modelos.

Nesse sentido, o uso de conhecimentos prévios foi o que mais influenciou a elaboração de modelos do grupo de acordo com Sofia (G3), pois os estudantes fundamentaram a elaboração de seus modelos em informações e conceitos que já possuíam. Isso destacou a importância de relacionarem novos conhecimentos aos conhecimentos existentes e de considerarem as experiências anteriores na construção de modelos mais precisos e realistas.

Ao final dessa discussão, a PQ2 apresentou uma observação sobre a *não linearidade* na construção do conhecimento científico a partir da fala dos estudantes. Ela destacou como a prática científica não é um processo linear, onde um cientista começa do zero a cada vez, mas sim um processo que se baseia em conhecimentos prévios, contribuições anteriores e revisão contínua. Essa perspectiva ressalta a

importância da acumulação de conhecimento ao longo do tempo e como as descobertas e teorias científicas se constroem sobre o trabalho de outros cientistas.

Essa visão da *progressividade* também demonstrou que a Ciência está sempre em evolução, quando ela disse que para a construção do conhecimento científico “tem que pegar conhecimentos anteriores para ajudar a continuar” mostrando que o mesmo está em constante aprimoramento, com propostas de reformulação e adaptação à medida que novas informações e descobertas são feitas. Essa reflexão da PQ2 trouxe aos estudantes um panorama amplo de como a Ciência é dinâmica e se encontra em constante evolução.

A importância da etapa de teste e suas relações ao longo das atividades de modelagem com a prática científica foi novamente destacada na discussão. Isso foi conduzido de forma explícita pela PQ2 ao contextualizar uma QMT. Inicialmente, houve uma revisão do que os estudantes haviam vivenciado até o momento, ressaltando que a socialização realizada na Atividade 1 teve influências diretas entre os grupos na identificação de limitações e, consequentemente, na formulação de sugestões para a melhoria dos modelos. Essas sugestões foram implementadas de maneira mais cuidadosa na etapa de teste da Atividade 2. Além disso, a PQ2 abordou aspectos relacionados à *interação entre os cientistas*, discutindo a influência dos outros grupos na modificação dos modelos e o aspecto da *limitação,* que surgiu no próprio contexto em que os estudantes testaram seus modelos.

As reflexões dos estudantes sobre o aspecto da *falibilidade* na prática científica e a importância de identificar e corrigir as falhas foram relevantes. A Ciência é uma busca constante por conhecimento e, como tal, envolve a exploração de territórios desconhecidos, o que naturalmente leva a erros e falhas. A capacidade de reconhecer e lidar com essas falhas é essencial para o progresso científico.

> **PQ2:** Agora eles estão te colocando em cheque aí (*na atividade 2*), para você testar seu modelo. Até que ponto ele dá conta ou não. Porque você viu que teve discussão aqui que um grupo influenciou o outro, porque vocês já tinham pensado, mesmo assim vocês observaram que tinham algumas falhas ou algumas limitações. E aí te deram uma outra situação aqui de teste. Aí vocês disseram assim: Oh! Não deu conta de explicar a questão da eletricidade aqui (*modelo*), mesmo sendo algo óbvio, mas não teve eletricidade. E essas coisas acontecem dentro da Ciência?
>
> **Sofia (G3):** Sim, tem que ter erro.
>
> **PQ2:** Em que o erro ajuda?

> **Sabrina (G3):** Vou citar o meu exemplo. A gente queria desenvolver um produto, aí a gente pesquisou e fez algumas adaptações de outras coisas que estavam relacionadas ao que a gente queria fazer. Só que quando fomos para a prática, a gente viu que seria inviável fazer o que queríamos, devido aos fatores do produto que estávamos utilizando, devido à falta de equipamentos. Foi o mesmo caso do modelo (*máquina de refrigerante*) que a gente fez, porque não pensamos em alguns fatores. Então, se a gente fosse realizar na prática isso e desse para alguma pessoa utilizar provavelmente essa pessoa iria encontrar impedimentos.
>
> **Paula (G3):** A gente encontraria muitos erros e talvez isso mudaria todo o projeto, a gente talvez faria de outro jeito.
>
> **Júlia (G3):** Até agora depois que todo mundo apresentou a gente já pensou em outra máquina. Em outra máquina totalmente diferente.
>
> **PQ2:** Vai modificando, certo! Então, as discussões e os testes podem ajudar a evoluir suas ideias.
>
> **Sofia (G3):** Com certeza, mas você não pode ficar apenas na tentativa e erro. Porque primeiro tem que ter um estudo para depois você conseguir realizar (*a prática*).

A relação entre a *falibilidade* e o aspecto do *investimento econômico* também é notável. Do ponto de vista dos estudantes, para a pesquisa avançar, muitas vezes são necessários recursos, como financiamento, equipamentos e materiais. A falta de recursos pode limitar a capacidade de realizar pesquisas e afetar o desenvolvimento de projetos. Portanto, é crucial que os cientistas e pesquisadores saibam como obter financiamento e gerenciar recursos de forma eficiente.

Outro aspecto que os estudantes destacaram foi a *complexidade* da pesquisa científica. A natureza do processo científico muitas vezes envolve desafios complexos que requerem soluções criativas. A capacidade de adaptar e modificar um projeto de pesquisa, de acordo com as circunstâncias, é uma habilidade importante para os cientistas. Portanto, tais circunstâncias foram conectadas através do exemplo que os estudantes apresentaram, relacionando com a falta de recursos básicos para a continuação do trabalho, uma vez que podem dificultar a pesquisa em si, causando impedimentos ou mesmo alteração em toda a estrutura do trabalho. A fala de Paula (G3) diz respeito a isso: “a gente encontraria muitos erros e talvez isso mudaria todo o projeto, a gente talvez faria de outro jeito”.

A relação entre a etapa de *teste* e o aspecto da *limitação* foi outro ponto fundamental nas discussões desse evento. Para os estudantes, os testes empíricos são cruciais para identificar as limitações de um modelo ou teoria. É somente ao testar uma hipótese ou um modelo na prática que os cientistas podem avaliar se suas

previsões estão corretas ou se há erros e limitações em suas ideias. Isso leva a uma constante revisão e refinamento do conhecimento científico.

No contexto das atividades de modelagem em sala de aula, os estudantes também reconheceram os benefícios dessa relação entre *teste* e *limitação*. Perceberam que a construção de modelos é um processo iterativo, no qual o *teste* e a identificação de *limitações* desempenham um papel central. Isso refletiu a natureza dinâmica da Ciência, na qual as teorias e modelos são constantemente aprimorados com base em novas evidências e descobertas.

Outro ponto relevante destacado é a conexão que surgiu entre a *interação dos cientistas* e a *influência motivacional*. Nesse sentido, a participação em grupos e a troca de ideias entre os membros revelaram-se fatores significativos que impulsionaram o G3 a revisitar algumas de suas ideias iniciais e, em alguns casos, até mesmo considerar a construção de um modelo alternativo. Assim, essa relação revelou-se de grande importância dentro do contexto da NdC, uma vez que os estudantes demonstraram conexões consistentes entre os diferentes aspectos, o que resultou em uma expansão significativa de suas perspectivas sobre a Ciência.

É importante ressaltar que, nos eventos recentes, os estudantes do G3 frequentemente buscaram estabelecer uma conexão entre o contexto em que se encontravam e a Ciência. Essa estratégia se mostrou valiosa ao expressarem suas visões como resposta às pesquisadoras. Portanto, as experiências dos estudantes desempenharam um papel fundamental não apenas na apresentação de aspectos da NdC, mas também como ferramentas cruciais para validar os conhecimentos epistemológicos que compartilharam sobre a Ciência. Isso ficou evidente no expressivo número de conexões que surgiram dessas interações com o contexto acadêmico de cada estudante.

5.1.3. Atividade 3: Utilizando o modelo em outro contexto

No segundo encontro, realizado uma semana após o primeiro, todos os membros do G3 estavam ausentes. Para dar continuidade às atividades, a professora revisou algumas ideias discutidas anteriormente, especialmente aquelas relacionadas às características dos modelos propostos pelos grupos. Isso foi feito para que os alunos relembrassem o que foi debatido e estivessem preparados para utilizar seus modelos na avaliação de uma situação mais abrangente.

Essa situação foi introduzida na Atividade 3 – “Utilizando o modelo em outro contexto”, na qual os grupos foram desafiados a avaliar o quão abrangente era o seu modelo para explicar o funcionamento de um caixa eletrônico. Eles também foram solicitados a identificar as limitações do modelo nesse contexto. As questões orientadoras para conduzir a atividade foram:

i. O modelo desenvolvido pelo seu grupo consegue explicar o funcionamento de um caixa eletrônico?
ii. Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo é capaz de explicar? Por quê?
iii. Quais aspectos o seu modelo não consegue explicar para o funcionamento de um caixa eletrônico? Por quê?

As questões orientadoras estão claramente alinhadas com a QRM, pois incentivam os alunos a caracterizarem os limites e as abrangências de seus modelos em um novo contexto. Isso introduz a necessidade de testar e avaliar os modelos, que são etapas fundamentais da QRM.

A própria atividade é imbuída da etapa de *avaliação*, pois os grupos precisaram determinar em que medida o modelo deles, previamente testado em um contexto mais específico, se aplicaria a uma situação mais abrangente, como a do caixa eletrônico. A associação entre a máquina de refrigerantes e o caixa eletrônico possibilitou esse processo de *avaliação*.

Quando consideramos a etapa de *teste*, observamos que ela surgiu quando os estudantes precisaram reformular possíveis características em seus modelos. Isso envolveu identificar padrões equivalentes em ambos os aparelhos e, ao mesmo tempo, determinar pontos que não foram considerados anteriormente. No último caso, os alunos tiveram que perceber que em algum ponto o modelo não seria capaz de explicar completamente o funcionamento de um novo equipamento, como um caixa eletrônico. Além disso, foi necessário que compreendessem que nem todo o aparato tecnológico presente em um caixa eletrônico seria necessário para que uma máquina de refrigerantes funcione. Tais características foram observadas no diálogo a seguir:

> **Fernanda (G1):** A gente colocou que o nosso modelo vai atender parcialmente a proposta. A gente colocou os aspectos que são semelhantes, que são: (i) a contagem do dinheiro, (ii) análise das cédulas, (iii) o saque, pois tem a ver com a questão de você colocar o dinheiro e pegar o troco, (iv) a tomada e a eletricidade, (v) sistema

> ligado a questão da operação e (vi) o gerador, e a nossa justificativa para isso, foi porque o aparelho (*caixa eletrônico*) possui esses mecanismos citados para o seu funcionamento, que são semelhantes aos da máquina de refrigerantes.
>
> **Professora:** E por que ele (*o modelo da máquina de refrigerantes*) não atende?
>
> **Fernanda (G1):** O nosso modelo não tem visor para a pessoa poder avaliar as funções, não tem a câmera que identifica a pessoa, não tem o local para a digital e para digitar a senha, não tem as transações para receber, pagar ou sacar dinheiro, não tem a opção de cartão, e a segurança e o modelo do equipamento são totalmente diferentes da máquina de refrigerantes, a questão de um monitor para ajudar as pessoas que são leigas a mexerem no equipamento, não tem um caminho de acesso para as pessoas que são cegas e não tem um divisor para a privacidade.
>
> **PQ2:** E você acha que esses componentes, alguns deles ou todos, são necessários e devem ser incluídos no modelo da máquina de refrigerantes?
>
> **Fernanda (G1):** Alguns sim. O cartão por exemplo, pois nem todo mundo possui dinheiro no momento, a questão do monitor para ajudar as pessoas a manusearem ou uma lista do passo a passo de como usar a máquina, pois não colocamos no nosso modelo de antes e a questão do caminho de acesso. Eu acho que essas ideias são interessantes, não que eu ache que elas sejam totalmente necessárias, mas interessantes.

Neste trecho, Fernanda (G1) destacou claramente um dos principais objetivos da fase de *avaliação*, ao explicitar seis características que demonstram a abrangência do modelo previamente testado pelo grupo (Gilbert; Justi, 2016). Essa abordagem amplia o poder preditivo do modelo, mesmo que originalmente não tenha sido concebido para um caixa eletrônico. Fernanda (G1) atribuiu ao modelo do grupo aspectos que, embora parcialmente relacionados, o tornam aplicável em um contexto mais amplo, como se evidenciou. Ao identificar características semelhantes ao funcionamento de um caixa eletrônico, tornou-se viável explorar as ideias apresentadas em relação às suas limitações, trazendo à tona o aspecto da *limitação*. Essa visão imperfeita do modelo, foi considerada pela Fernanda (G1) ao dizer que o modelo atenderia parcialmente a proposta de ser aplicável ao contexto dos caixas eletrônicos. Não só o G1, mas o G2 também evidenciou esses mesmos critérios:

> **Professora:** E vocês (*G2*)! O modelo de vocês explica o funcionamento do caixa eletrônico?
>
> **Juliana (G2):** Parcialmente.
>
> **Patrícia (G2):** A distribuição de dinheiro e o funcionamento do cartão de crédito.

> **Ana (G2):** Porque, mesmo que em um caixa eletrônico não vá receber moedas, nesse caso apenas notas, o nosso modelo também recebia, pois a parte interna do funcionamento do sistema de notas é igual ao do caixa eletrônico. Por outro lado, a nossa máquina (*modelo*) na hora de emitir o troco fazia com moedas, o que não é feito pelo caixa eletrônico. E o que teria no caixa eletrônico e que não tem na nossa máquina (*modelo*) seria, por exemplo, transferência de dinheiro. A nota fiscal só teria na máquina na hora de passar o cartão de crédito, mas na própria máquina mesmo na hora de processar o dinheiro não teria.
>
> **Professora:** Então no caso, na máquina de vocês antes teria o cartão porque vocês já tinham pensado no pagamento com cartão. Então já estaria ligado a uma rede de computador? Já estaria ligado a internet?
>
> **Ana (G2):** Sim, é um sistema.
>
> **Professora:** Ok! A diferença que você falou é que antes emitia um recibo do pagamento e agora não. Agora tem que emitir extrato, saldo, comprovante da operação feita.
>
> **Ana (G2):** O caixa eletrônico sim.
>
> **Professora:** Aí seria diferente nesse sentido.
>
> **Ana (G2):** Outra coisa que faltou aqui é a parte do funcionamento interno de um banco, porque eles têm que ter um sistema de acumulação de dinheiro já que distribui né, no caso a máquina de refrigerante só vai dar o troco então não precisa de uma grande quantidade.

As questões apresentadas pela professora e pela PQ2 continuam mantendo um perfil de QRM, adicionando características que desafiam os estudantes a se colocarem em uma situação de *teste*, revisitando suas próprias representações anteriores. Isso permite medir e compreender o quanto progrediram até o momento. Essa última observação está intimamente ligada aos objetivos da etapa de *expressão*, fortalecendo o aspecto da *representação* por parte das professoras. Assim, os estudantes, mais familiarizados com o estilo de abordagem e engajamento na fase de socialização, foram mais objetivos com relação às orientações desta atividade. Além disso, em todas as suas contribuições, eles cuidadosamente expressaram justificativas de maneira clara e coerente com a complexidade do contexto enfrentado, reconhecendo os limites e reforçando o que não precisaria ser modificado.

Dessa forma, podemos associar as falas dos estudantes aos aspectos da *racionalidade* e da *complexidade*. Para o primeiro aspecto, a execução de relações de pensamento seguindo uma lógica coerente foi necessária ao longo das discussões dos grupos. Portanto, o segundo aspecto torna ainda mais plausível a análise anterior, pois essa organização objetiva, com observações claras e uso lógico do pensamento,

foi necessária diante da natureza complexa do contexto introduzido pela atividade. Essa natureza induziu nos estudantes a manifestação desse tipo de comportamento.

A etapa de *avaliação* tornou-se o foco principal desta atividade, contudo, em um processo como esse, já é possível perceber o quanto essas etapas do processo científico estão interligadas. Nesse estágio inicial, identificamos momentos na discussão que caracterizam a *avaliação*, mas que só se manifestam diante da necessidade de uma reavaliação, ou seja, de um *teste* nas ideias construídas pelos estudantes até então. Durante a análise da abrangência do modelo, percebeu-se que naturalmente os alunos efetuaram modificações mentais associadas às funcionalidades extras exigidas por um caixa eletrônico. Isso fez com que, verbalmente, representassem determinados ajustes dentro dos critérios da etapa de *expressão* do modelo, para que o mesmo se adequasse ao novo contexto.

Em seguida, a professora voltou a questionar os estudantes se, até aquele momento, tinham algum posicionamento quanto ao modelo “mais correto” ou explicativo. Ela então convidou os grupos a identificarem tais características. Essa abordagem refletiu os princípios da QRM, pois instigou os alunos a avaliarem qual modelo seria mais viável para implementação. Dessa forma, um aspecto saliente dessa indagação foi o da *aceitabilidade*, visto que a questão evidenciou a importância de uma avaliação coletiva das características e evidências que validariam a escolha consensual de um modelo mais elucidativo dentre aqueles desenvolvidos ao longo das atividades.

Nessa ocasião, os integrantes dos dois grupos mantiveram a posição de que isso dependeria do público que iria utilizar a máquina, principalmente por questões financeiras. Isso se deve ao fato de que a proposta mais sofisticada (mais cara) do G1 é diferente da outra, mais popular (mais barata) do G2. Além disso, ressaltaram que a função principal de cada modelo foi alcançada, como destacou a estudante Fernanda (G1): “Cada um atende à mesma coisa, por exemplo, o nosso tem a função de fornecer refrigerante, o deles (G2) também atende a essa questão”. Portanto, nesse contexto de fala observamos a manifestação dos aspectos da *aplicabilidade* e da *objetividade*.

O primeiro aspecto se relacionou principalmente quando os estudantes apresentaram uma visão econômica sobre a escolha de um determinado modelo devido ao valor agregado de seu custo de produção, visto que cada um apresentava

diferentes componentes que poderiam diferenciar nesse quesito. O segundo aspecto demonstrou um critério importante dentro da Ciência, pois torna-se necessário em determinadas condições a manutenção de uma postura objetiva, seja na proposição de um conhecimento ou na aceitação do mesmo, logo, esses critérios ficaram evidentes na fala da Fernanda (G1), ao expor seu posicionamento quanto a objetividade de cada grupo em propor um modelo que atendesse a seus propósitos principais.

Contudo, durante essa breve discussão, emergiu um consenso que também foi ressaltado nas atividades anteriores: o modelo desenvolvido pelo G1, por sua inclusão de acessibilidade para pessoas com deficiência, foi considerado superior, pois demonstrou estar mais avançado em relação aos outros. Nesse caso, fica evidente a manifestação do aspecto da *influência sociopolítica*, uma vez que a inclusão de um público específico no modelo do G1 destacou-se em relação aos demais, promovendo a inclusão social no uso da máquina.

Partindo desse pressuposto, a professora formulou novas perguntas sobre os possíveis fatores que teriam levado à produção de modelos tão diversos, culminando em indagações específicas relacionadas à comunicação do conhecimento científico por parte dos cientistas:

> **Professora:** Vocês tiveram o mesmo problema, estão na mesma série do ensino médio, estudam juntos, certo? O que levou vocês a pensarem em modelos tão diferentes?
>
> **Fernanda (G1):** Cada pessoa vai ver uma coisa de um ponto de vista, por exemplo, eu abro esse caderno, mas o jeito que ela (*Jussara – G1*) está olhando é diferente do jeito que eu olho. Então se eu olho para uma máquina de refrigerante, o que eu estou pensando e a minha visão são diferentes das deles, então são visões de ângulos diferentes que uma pessoa consegue interpretar e a outra não.

A abordagem da professora pode ser classificada como uma QPM, uma vez que o viés da pergunta se direcionou para as características do processo de construção de modelos, que, de alguma forma, poderiam influenciar na produção de resultados distintos. Nesse contexto mais amplo, a questão também viabilizou a aparição do aspecto da *subjetividade*, visto que buscava compreender os “modos de pensar e/ou agir de um cientista [nesse contexto, associando-os aos estudantes] se relacionam com suas próprias concepções prévias, que podem ser diferentes das de outro indivíduo” (Santos *et al.*, 2020, p. 597). Outro aspecto que se relacionou a essa

questão foi o da *epistemologia*, pois a resposta esperada deveria estar associada a visão de processo em que os estudantes vivenciaram, levando em consideração os objetivos, os critérios e até mesmo os limites e possibilidades do envolvimento na construção dos modelos. Em consonância, Fernanda (G1) também destacou o aspecto da *subjetividade*, apontando para as características individuais que cada pessoa possui em relação ao processo vivenciado, ou seja, cada uma contribui com ideias e abordagens distintas para o mesmo objetivo.

Em outro ponto da discussão, os estudantes continuaram a expressar suas opiniões, relacionando o aspecto da *subjetividade* com a *interação entre cientistas*. Nesse contexto, Ana (G2) abordou a ideia de que, dentro da ciência, não basta apenas a visão individual; é essencial que haja um processo coletivo de troca mútua entre conhecimentos produzidos por diferentes personalidades. Esse processo de comunicação, de certa forma, valida o conhecimento final, conferindo-lhe maior qualidade. Essas últimas características dizem respeito aos aspectos da *aceitabilidade* e *objetivos* (Comunicação da Ciência).

> **Ana (G2):** Por isso que eu falei para elas (*pesquisadoras*) que cientistas não trabalham sozinhos, porque isso é fazer ciência. É pesquisar, e se uma pessoa pesquisa sozinha ela acaba tendo uma visão só dela. Agora, se ela pesquisa e aí conversa com outra pessoa e a pessoa também tem um olhar em cima daquilo, aí acaba se comunicando com um grupo, aí a gente cria coisas. Aí a gente vê outro grupo criando o mesmo projeto, a ideia se eleva e no final teria uma coisa boa.
>
> |...|

Após a contribuição de Ana (G2), a professora realizou mais duas QMT que abordavam visões sobre o trabalho em grupo, caracterizando o aspecto da *interação entre cientistas*. Uma delas questionava sobre a facilidade do trabalho em equipe em contribuir para um desenvolvimento profícuo do conhecimento, enquanto a outra buscava compreender se, mesmo com esse benefício, o cientista ainda poderia trabalhar de forma individual. Diante da manifestação prévia dos estudantes sobre o tema, eles interpretaram as questões da professora como meras solicitações de confirmação, resultando em respostas breves do tipo “sim” ou “não”.

A partir das questões anteriores, a professora introduziu um novo tópico relacionado à Comunicação da Ciência, mais especificamente aos aspectos *modos de comunicação* e *representação*, os quais estão intimamente ligados aos meios e

instrumentos que um cientista utiliza para promover ou divulgar seus trabalhos. Esta questão também pode ser classificada como uma QMT, uma vez que atribui características sobre as visões metacientíficas da Ciência:

> **Professora:** O que ele tem que fazer com a ideia dele?
>
> **Paulo (G1):** Divulgar.
>
> **Professora:** Como ele divulga?

Em resposta à professora, a estudante Fernanda (G1) destacou a necessidade de os cientistas procurarem meios, como cartazes e palestras, que facilitem a comunicação do conhecimento proposto. Ela enfatizou: “É necessário buscar meios para ajudar na divulgação de como falar para outras pessoas”. Nesse sentido, Fernanda (G1) também ressaltou a importância da colaboração de outras pessoas no processo de comunicação, afirmando: “Por exemplo, eu fiz uma ideia aqui da minha máquina, daí eu vou olhar para a outra pessoa para que ela avalie a máquina e a partir daí ter ideias para a divulgação, por meio de cartazes e palestras”.

Com base nas respostas dos estudantes, podemos observar que a primeira fala de Fernanda (G1) manifestou o aspecto ligado aos *modos de comunicação*, destacando a importância de encontrar meios eficazes, como cartazes e palestras, para comunicar o conhecimento científico de forma acessível e compreensível para outras pessoas. Já a segunda fala de Fernanda evidenciou o aspecto da *interação entre cientistas*, ressaltando a necessidade de colaboração e troca de ideias entre colegas para validar e aprimorar o produto final, resultando em uma comunicação mais eficaz e abrangente.

Em paralelo a essa análise, a estudante Ana (G2) complementou a fala de sua colega fazendo uma reflexão dos motivos que fizeram ela acreditar que cientistas não trabalham sozinhos, pois para ela o processo de validação pode conter discordâncias de ideias que necessariamente fazem o cientista trabalhar direta ou indiretamente com seus pares. Essa reflexão fica evidente na seguinte fala:

> **Ana (G2):** Para que um cientista consiga ter uma ideia inicial ele tem que ter aprendido com alguém, porque ele não nasceu sabendo as coisas, ele tem que ter adquirido um conhecimento anterior. Ele vai pesquisar e mudar o que for necessário em sua ideia. Então, não dá para trabalhar sozinho, porque mesmo que você esteja fisicamente

> sozinho, você não está mentalmente sozinho, porque você tem que tirar seus conhecimentos de algum lugar.

Simultaneamente à sua concordância com a necessidade do trabalho em grupo, Ana (G2) também acrescentou o aspecto da *não linearidade*. Esse aspecto expressa claramente a fala da estudante, pois “discute a não existência de um único caminho para o desenvolvimento do conhecimento científico, incluindo os resgates de ideias apresentadas em pesquisas anteriores”. (Santos *et al.*, 2020, p. 601).

Neste contexto, a professora atuou como mediadora, estabelecendo um paralelo entre as falas dos estudantes sobre o processo de divulgação científica e os modos de trabalho dos cientistas. As questões direcionadas aos estudantes seguiram uma abordagem semelhante à de uma QMT, uma vez que estavam associadas às visões dos estudantes sobre o processo comunicativo e os recursos econômicos necessários para a realização da Ciência.

A discussão sobre a comunicação científica foi iniciada quando a professora questionou os estudantes sobre como ocorreria a comunicação de um cientista com seus pares ou com a sociedade ao apresentar um determinado produto ou conhecimento científico. Durante essa interação, emergiram aspectos ligados à economia da Ciência, ilustrados pela resposta de Patrícia (G2), que destacou a necessidade de patrocinadores para viabilizar essa comunicação. Esta observação pode ser relacionada à importância do financiamento, evidenciando a necessidade de apoio financeiro de instituições públicas e/ou privadas para a produção e disseminação do conhecimento científico.

Aproveitando o engajamento dos estudantes e suas percepções econômicas sobre a Ciência, a professora confirmou a necessidade de recursos financeiros que os cientistas precisam obter. Os estudantes, por sua vez, compararam essa necessidade aos projetos que desenvolvem para a feira de ciências da instituição, que ocorre anualmente. Nesses relatos, foram mencionados diversos recursos essenciais, como a confecção de banners, panfletos de divulgação e a compra de aparelhos eletrônicos[17]. Esta comparação ilustra a conexão direta entre economia e comunicação, uma vez que, durante a elaboração de projetos científicos, os

[17] A compra de aparelhos eletrônicos foi mencionada uma vez que todos os integrante do G2 eram estudantes do curso técnico em informática. Portanto, essa necessidade de compra de materiais eletrônicos faz jus a área de conhecimento em que atuavam.

estudantes perceberam a necessidade de investir em materiais de divulgação para apresentar seus projetos de maneira eficaz, garantindo que todas as ideias sejam claramente transmitidas ao público e buscando a validação dos avaliadores.

A manifestação dos estudantes evidenciou uma compreensão prática da interdependência entre os recursos econômicos e a eficácia da comunicação científica. Eles reconheceram que, assim como na academia, seus projetos escolares requerem financiamento para alcançar um padrão de qualidade na apresentação que facilite a transmissão das ideias e assegure a valorização do trabalho desenvolvido. Este cenário não só reflete a realidade da produção científica profissional, mas também proporciona uma experiência educativa significativa dentro do contexto das questões da professora, ao permitir que os estudantes compreendam e vivenciem os desafios e as dinâmicas da divulgação científica.

Após esse diálogo, Fernanda (G1), espontaneamente comentou sobre a necessidade de compartilhar o conhecimento, ou seja, um cientista deve realizar esse processo de comunicação. Para ela, o conhecimento sempre precisa de mudanças e melhorias através da ideia de outros pesquisadores. Essa fala se apresenta a seguir:

> **Fernanda (G1):** Basicamente, uma pessoa que tem uma ideia nunca vai poder ficar para ela sozinha, a gente conclui isso. Ela nunca vai poder, porque a pessoa vai precisar melhorar sempre a ideia, por exemplo, quando a gente cria uma borracha daí vem outra pessoa e cria uma melhor, significa que ela aprimorou a ideia anterior.

As falas das estudantes revelaram algumas visões positivistas sobre o trabalho do cientista, considerando que o compartilhamento de conhecimento nem sempre ocorre devido a influências políticas e econômicas, como a competitividade entre instituições com interesses semelhantes. No entanto, é importante ressaltar a relevância das relações que as estudantes manifestaram entre a comunicação científica e as visões associadas ao papel da progressividade e da não linearidade no avanço do conhecimento.

A visão progressiva foi evidenciada quando Fernanda (G1) destacou a necessidade da comunicação para que o conhecimento científico possa evoluir e ser aprimorado através das contribuições de outros pesquisadores ao longo do tempo. Essa perspectiva mostra que o “conhecimento científico não é construído de uma única vez” (Santos *et al.*, 2020, p. 601), mas requer um processo contínuo de desenvolvimento.

Além disso, a *não linearidade* foi ressaltada por Fernanda (G1) ao mencionar a importância das contribuições de diversos pesquisadores para o aprimoramento do conhecimento compartilhado. Ela observou que é necessário resgatar e revisar trabalhos anteriores para promover avanços e refinamentos no conhecimento científico, reconhecendo que o progresso na ciência envolve um processo dinâmico e iterativo de construção, desconstrução e reconstrução de ideias (Santos *et al.*, 2020).

Na sequência, a professora promoveu uma reflexão para estabelecer um diálogo sobre o papel das atividades na elaboração de modelos científicos. Ela observou que, até aquele momento, as discussões haviam estabelecido um paralelo entre as atividades realizadas pelos estudantes e o que os cientistas fazem na prática científica. Os estudantes estiveram criando modelos como produto das ideias que desenvolveram sobre o funcionamento da máquina de refrigerantes. A professora então perguntou: “Vocês acham que essa atividade ajudou vocês a refletir sobre o processo de elaboração de modelos?”

Esta questão se encaixa em uma QPM, pois está diretamente associada às visões do processo de modelagem, especialmente à etapa de *avaliação* que os estudantes vivenciaram nessa terceira atividade. Tal questão mobiliza visões sobre o aspecto da *representação*, uma vez que a construção de modelos é um importante produto epistêmico que visa não apenas representar o conhecimento científico, mas também comunicá-lo. A elaboração de um modelo requer etapas da prática científica para sua validação como representação de uma ideia.

Inicialmente, os estudantes responderam afirmativamente, mas sem justificativas. A professora, buscando extrair reflexões mais profundas, fez outra pergunta: “Tem alguma coisa que aconteceu aqui que vocês conseguem imaginar que não tinham pensado antes? Parado para pensar nesses tipos de dados, em relação ao processo de como se constrói um modelo?” Esta nova questão, também categorizada como uma QPM, manteve os critérios da anterior. A necessidade dessa segunda pergunta destacou a importância de engajar os estudantes em uma reflexão que expressasse melhor as ideias sobre o processo de construir modelos, pois a resposta inicial não atingiu o nível de engajamento esperado.

Nessa mobilização conduzida pela professora, identificamos a presença dos aspectos *racionalidade* e *epistemologia*. O primeiro foi caracterizado quando se buscou entender quais contribuições que essa atividade trouxe sobre a percepção da

modelagem, motivando a manifestação de visões racionais do que foi conduzido anteriormente pelos estudantes, por exemplo, critérios como a apresentação dos modelos para que estes fossem validados pelos colegas. O segundo aspecto pode ser justificado com base nesse olhar para o processo vivido, extraindo ideias não apenas do modelo produzido, mas de cada momento necessário para que o processo chegassem até aquele momento.

Para essa pergunta, Fernanda (G1) destacou que nenhum membro do grupo havia considerado detalhes fundamentais para o funcionamento de uma máquina, como a presença de uma tomada ou o mecanismo interno. Isso ressaltou como a pergunta da professora conseguiu direcionar a atenção para o papel específico dessa terceira atividade, tangenciando a fala da estudante para o aspecto da *representação* uma vez que ela exemplifica elementos da máquina de refrigerantes. Embora Fernanda (G1) não tenha explicitamente relacionado todas as atividades, é evidente que ao longo do processo houve uma percepção positiva em relação à melhoria na consideração de detalhes na construção de modelos.

Os estudantes relataram uma experiência real entre o primeiro e o segundo encontros, quando tentaram utilizar uma máquina de refrigerante defeituosa, que recebia o dinheiro, mas não entregava o refrigerante. Esta experiência real, coincidentemente sobre uma máquina de refrigerantes, tornou o processo de modelagem ainda mais relevante para os grupos. Nestes relatos é interessante ressaltarmos como os estudantes associaram as contribuições das atividades para uma percepção de que a construção de um conhecimento necessita de constante revisão quando sua aplicabilidade é questionada. Isso mostrou a relevância que as etapas de teste de um modelo exercem sobre a atuação de um conhecimento dentro da Ciência. Tal observação pode ser caracterizada pelo aspecto da *limitação*, uma vez que para reduzirmos os possível problemas de um produto da Ciência é importante a verificação de sua aplicabilidade em diferentes contextos.

Fernanda (G1) acrescentou um novo elemento à discussão ao destacar a importância do trabalho em grupo: “Você começa a ver as coisas de uma forma, aí outra pessoa vai vir e ver de outra forma, e vocês vão juntar essas ideias.” Esta observação ressaltou o papel crucial da colaboração e da integração de diferentes conhecimentos no trabalho em grupo. Portanto, o aspecto central dessa fala é a *interação entre cientistas*. A *não linearidade do pensamento* se manifestou nesse

contexto, pois as mudanças de ideias, concepções e até mesmo a contribuição de áreas de conhecimento distintas permitem que um entendimento possa ser visto sob diferentes interpretações, que podem ou não ser tangíveis.

Dando continuidade às discussões, a professora perguntou aos estudantes sobre possíveis dificuldades na elaboração dos modelos para a máquina de refrigerantes. Surpreendentemente, os estudantes afirmaram que não encontraram dificuldades até aquele momento. Buscando aprofundar a compreensão do processo de modelagem, a professora propôs um novo cenário hipotético no qual todos teriam acesso a recursos ilimitados (dinheiro, pessoas, equipamentos, etc.). A questão central colocada foi: “Se vocês tivessem à disposição todos os recursos possíveis, acham que conseguiriam criar modelos melhores? O que poderia ser diferente na elaboração do modelo da máquina de refrigerantes?”

Essa pergunta está intimamente associada ao processo de modelagem (criação, expressão, teste e avaliação), pois buscou averiguar como os recursos ilimitados poderiam influenciar a elaboração do modelo. Essa questão provocativa direcionou as visões para a *fonte de financiamento* e a *epistemologia*, uma vez que o suporte financeiro e tecnológico poderia contribuir significativamente para o processo de construção do conhecimento por trás da elaboração do modelo, trazendo maior eficiência e avanços nos momentos de teste.

A QPM mobilizada pela professora trouxe uma visão ampla de como o processo de modelagem poderia ser influenciado por recursos ilimitados, levando os estudantes a considerar todas as etapas do processo. Nesse contexto, eles puderam apresentar pontos de vista sobre uma ou mais etapas que vivenciaram.

No entanto, essas percepções não foram diretamente observadas em todos os estudantes. Patrícia (G2), por exemplo, focou sua resposta apenas na qualidade do produto (o modelo da máquina de refrigerantes), sugerindo que a disponibilidade de mais recursos melhoraria o desenvolvimento e a qualidade da máquina. Ela também destacou a influência positiva da mão de obra qualificada nesse desenvolvimento. Essa resposta, embora válida dado que o produto visava a venda de refrigerantes, não se aprofundou nas questões do metaprocesso vivenciado na modelagem, concentrando-se apenas no resultado.

Apesar disso, foi possível identificarmos aspectos de NdC nas respostas, como a *produtividade*. Patrícia (G2) relacionou o desenvolvimento de uma máquina de melhor qualidade com o potencial retorno financeiro que ela traria, caso tivessem recursos ilimitados (Santos *et al.*, 2020).

A professora então esclareceu melhor sua pergunta, explicando que a intenção era investigar as diferentes características que seriam atribuídas ao processo de elaboração do modelo em uma condição de recursos ilimitados, e não focar na produção da máquina de refrigerantes apenas.

Com isso, ela procurava compreender como aspectos as etapas da *criação*, *expressão*, *teste* e *avaliação* do modelo seriam influenciados por um contexto de recursos ilimitados. Este esclarecimento visava direcionar a discussão para as nuances do processo de modelagem, permitindo que os estudantes refletissem sobre as melhorias e mudanças específicas em cada etapa do desenvolvimento do modelo, caso tivessem acesso a esses recursos.

Aqui, a *epistemologia* é mais uma vez reforçada pela professora, pois ela buscava compreender como os estudantes percebiam e atribuíam as alterações causadas pelos recursos em todo o processo de modelagem. O objetivo era entender, na íntegra, as mudanças que ocorreriam no processo de construção do conhecimento. Esse tipo de reflexão foi classificado como uma QPM, tendo vista o foco no processo envolvendo a construção dos modelos.

Durante as discussões, observou-se que os estudantes direcionaram suas afirmações para a etapa de *teste* da modelagem. Eles associaram exemplos das experiências vividas em seus cursos técnicos. Paulo (G1) considerou que uma das alterações que poderiam ser observadas no processo seria a forma de realizar os testes, por meio de pesquisas de mercado e opiniões dos usuários da máquina. Complementando essa visão, Ricardo (G1) mencionou que são necessários inúmeros testes para que algo realmente funcione da melhor forma possível, assim como fazem no curso técnico de eletrônica, portanto a injeção de recursos facilitaria com que esses testes fossem realizados da melhor maneira. Enquanto isso, Fernanda (G1) introduz a importância que diferentes pessoas com diferentes formações e conhecimentos trariam para o desenvolvimento do modelo e dos diversos testes que seus colegas mencionaram.

As falas descritas abordaram aspectos que podem ser caracterizados pela *representação*. Ricardo (G1) referiu-se aos testes necessários, indicando que esses poderiam alterar os modos de representar o modelo. Paulo (G1) destacou, dentro do contexto social, o aspecto da *aplicabilidade*, mencionando a necessidade de pesquisas de opinião que forneceriam um panorama mais preciso de como a máquina poderia ser mais bem produzida.

Além disso, o aspecto da *interação entre cientistas* e a *não linearidade do pensamento* foram pontos-chave na fala de Fernanda (G1). O trabalho com pessoas diferentes possibilitaria inúmeras contribuições para a construção do conhecimento, pois cada indivíduo traria perspectivas distintas sobre o funcionamento da máquina de refrigerantes.

Ainda nesse momento, a professora aproveitou o ensejo sobre as influências geradas pelo aspecto financeiro e a fala de Fernanda (G1) para questionar os grupos sobre como diferentes áreas do conhecimento e profissionais de diversas atuações poderiam influenciar na construção dos modelos. Nesse sentido, a questão continuou apresentando características de uma QPM, mantendo a busca por visões sobre o processo de modelagem.

A professora direcionou a discussão para a *interação entre cientistas* e a *não linearidade do pensamento*, destacando que a investigação partia do princípio de que os indivíduos contribuiriam para a construção da máquina com conhecimentos próprios de sua formação. Esses conhecimentos, embora correlatos aos fundamentais para o funcionamento do maquinário, não necessariamente seguiriam a mesma linha de pensamento de outros indivíduos com expertise própria.

Os estudantes manifestaram aspectos positivos sobre as contribuições que diferentes áreas poderiam trazer para um modelo ainda melhor. Durante as justificativas, ao tentar explicar por que um engenheiro produziria um modelo diferente do deles, os estudantes elencaram elementos que não haviam apresentado em seus próprios modelos, mas que eram essenciais para o funcionamento da máquina, como a presença de uma tomada no equipamento.

Essa manifestação atribuiu um valor positivo à experiência dos estudantes ao longo das atividades, pois a criticidade e o detalhamento foram aspectos que eles

próprios sentiram como limitados durante a construção do modelo, abrindo margem para a aparição do aspecto da *limitação*.

Nesse sentido, a professora alimentando a discussão, buscou refletir com os grupos a influência e a importância que um conhecimento prévio poderia influenciar na qualidade do modelo produzido. Portanto, durante as discussões os estudantes apresentaram indícios de que a falta de conhecimento determina a forma como o modelo será construído, ou seja, por serem leigos no assunto, um engenheiro teria mais propriedade para determinar o que é necessário para o funcionamento da máquina. Essa inferência pode ser feita pelo seguinte trecho apresentado pela Jussara (G1): *"porque o engenheiro vai pegar e desenhar aquilo que ninguém aqui sabe"*. Nessa resposta, observamos a manifestação dos aspectos da *inteligência*, já que a fala de Jussara (G1) relacionou as características intelectuais do engenheiro aos modos como ele compreende e "como ele faz suas escolhas relacionadas a determinado conhecimento científico" (Santos *et al.*, 2020, p. 596). O segundo aspecto observado foi a *representação*, que se indica quando a estudante apresentou um dos possíveis modos em que o engenheiro representaria suas ideias para a máquina.

Até aqui, as questões da professora estiveram ligadas às etapas de *criação*, *expressão* e *avaliação*. A *criação* se manifestou nos momentos em que as indagações se dirigiram às influências adicionais que determinados aspectos financeiros e/ou de conhecimentos poderiam ter na elaboração dos modelos, interferindo diretamente na etapa de *expressão*.

Essa segunda etapa foi observada principalmente nas falas dos estudantes, ao apresentarem em quais aspectos poderiam modificar seus modelos caso tivessem à disposição recursos ilimitados. Já a *avaliação* se consagrou pelo próprio contexto das perguntas da professora, uma vez que elas estavam direcionadas à percepção dos alunos sobre o metaprocesso e o papel da modelagem.

Continuando as discussões, a professora partiu para um novo olhar do processo, pois ela questionou os grupos se eles, em algum momento, tiveram que testar seus modelos, já que esta tinha sido uma afirmação feita pela Fernanda (G1), ao dizer que se tivessem mais recursos, uma das etapas do processo seria realizar vários testes no modelo. Nesse sentido, a professora queria entender melhor se em algum momento das atividades anteriores eles tiveram que testar seus modelos para a máquina de refrigerantes, mobilizando visões sobre a etapa de *teste*.

As reflexões e questões da professora estiveram orientadas pelos aspectos da *epistemologia* uma vez que a etapa de teste da modelagem é algo inerente do processo científico podendo ser considerada como uma prática científica e/ou epistêmica quando nesse caso a professora não queria apenas uma resposta objetiva, mas uma reflexão do que os estudantes experenciaram ao longo das atividades, buscando compreender se a mesma causou alguma .

Muitos alunos sinalizaram negativamente, mas Fernanda (G1), tentando compreender melhor a questão feita, questionou:

> **Fernanda (G1):** Testar em que sentido?
>
> **Professora:** Vocês fizeram um modelo, mas vocês não sabem se ele funciona, ou seja, se vai dar certo ou não. Então vocês fizeram algum teste?

Os estudantes continuaram a sinalizar negativamente à pergunta da professora. Contudo, de modo a relembrar momentos vividos ao longo das atividades, a professora fez uma reflexão junto a eles, lembrando que, em vários momentos, eles tiveram que pensar nos elementos que uma máquina possui, ajustá-los aos diferentes contextos que foram sendo colocados e adicionar novas características. Entretanto, mesmo assim os estudantes continuaram com a ideia de que não fizeram teste em seus modelos. Um outro ponto da discussão foi que Ricardo (G1) ressaltou sua ideia quanto ao *teste*, pois para ele essa é uma característica que necessita de uma aplicação real do modelo, principalmente quando ele reforça isso no seguinte diálogo:

> **Professora:** Vocês realizaram algum teste?
>
> **Estudantes:** Não.
>
> **Professora:** Mas vocês não ficaram pensando em cada componente, como uma coisa iria integrar a outra?
>
> **Paulo (G1):** Sim, mas se for parar para pensar falta muita coisa básica para a máquina funcionar.
>
> **Ricardo (G1):** E teoricamente o que está feito no papel não funciona na prática, é só na hora que a gente colocar em prática que é possível ver isso.

Essa visão apresentada pelo estudante está diretamente associada ao teste apenas no formato empírico, deixando de lado os momentos em que estiveram inseridos em testes mentais dos conhecimentos utilizados para elaborar o modelo da máquina. Esse resultado não é inesperado, uma vez que essa é uma visão muito comum, embora limitada, da Ciência e da própria prática científica.

É interessante observar como algumas visões sobre os processos científicos são tão enraizadas que dificilmente são modificadas. Mesmo com a tentativa da professora de destacar que eles realizaram diversos testes, os estudantes foram resistentes a essa percepção. Essa resistência não surgiu de uma falta de vontade de refletir sobre o assunto, mas da dificuldade em associar testes a formatos diferentes daqueles que são tradicionalmente realizados.

Em sequência, a professora indagou os estudantes quanto à Atividade 3, que foi o momento em que tiveram que aplicar o modelo em um contexto mais amplo. Nesse momento, a pergunta que conduziu essa discussão foi a seguinte: *"[...] quando vocês tiveram que pegar aquele modelo e aplicar em outro contexto, que foi a atividade do caixa eletrônico, vocês tiveram dificuldades nesse processo?"*

Os estudantes então negaram qualquer dificuldade, pois quando interrogados do porquê dessa resposta, Fernanda (G1) disse que o motivo estaria na existência de *"[...] uma relação entre os modelos, porque já tinha a questão do dinheiro (no protomodelo), então a gente pensou em tudo que não tinha no nosso, foi automático. Olhamos primeiro as semelhanças e depois as diferenças"*.

Fernanda (G1) deixou claro que o aspecto da *racionalidade* foi inerente a execução da atividade, uma vez que sua fala diz muito sobre o uso da lógica e da razão ao relacionar uma máquina a outra, identificando como o modelo poderia ou não se aplicar ao novo contexto. Tais afirmações são relevantes ao analisarmos a utilização da expressão "foi automático". Este é um fato associado à Ciência, onde frequentemente o processo científico tende a seguir caminhos racionais.

A partir desse instante a professora fez uma nova pergunta referente ao processo criativo envolvido na de elaboração dos modelos, já que foi uma característica mencionada pelos estudantes em diálogos anteriores:

> **Professora:** Vocês acham que tiveram que ser criativos para pensar nesse modelo?
>
> **Fernanda (G1):** Sim, a gente teve que imaginar, porque a princípio não estamos vendo (*a máquina*), então tivemos que ser criativos na imaginação da máquina. Aí você tem que imaginar a sua máquina e o que a outra máquina não possui.
>
> **Ana (G2):** Nossa, tivemos que ser extremamente criativos, principalmente na elaboração da máquina de refrigerantes.
>
> **Professora:** E o cientista, será que ele tem que ser criativo?

> **Jussara (G1):** Sim.
>
> **Fernanda (G1):** Sim, porque ele tem que imaginar o impossível.
>
> **Professora:** Mas como assim “imaginar o impossível”, o que ele tem que fazer e onde ele vai usar a criatividade dele?

A resposta à última questão feita pela professora manifestou três pontos de vista sobre o processo criativo do cientista, em que o contexto exemplificado pelos estudantes estava associado à questão da produção de medicamentos. O primeiro deles trouxe a ideia de que o cientista não precisa ser criativo, pois ele pode delegar essa função a outras pessoas/setores envolvidos na produção desse conhecimento, já que a criatividade estaria associada à aparência física com a qual um produto da Ciência seria utilizado. O segundo elucidou a visão de criação, ou seja, o produto ou conhecimento desenvolvido pelo cientista já é algo oriundo de um processo criativo por envolver etapas de criação. O terceiro está associado diretamente ao processo de elaboração mental, ou seja, a criatividade já começa desde o momento em que o cientista estabelece seus objetivos e desenvolve seu projeto. Essas ideias são observadas nos seguintes trechos das respostas dos estudantes:

> **Patrícia (G2):** Ele não precisa ser criativo. Porque eu acho que ele precisa desembolar o principal, fazer funcionar, aí a criatividade fica para outros setores, entende? Vamos supor que ele está desenvolvendo um processo para inventar um remédio para curar uma doença, então aqui ele precisa é do composto. Agora, se o remédio vai ser redondo, quadrado, seja como for, já é outra coisa.
>
> **Ana (G2):** Eu acho que você está com o conceito errado de criatividade.
>
> **Professora:** Por que Ana?
>
> **Ana (G2):** Porque criatividade é você criar. Daí você precisa ter a criatividade para saber que esse junto com aquele, quando unidos, formam o que eu estou precisando. Se você não for criativo nem com toda inteligência do mundo você vai conseguir saber se aquilo vai ser específico para o que você precisa. Vou dar o exemplo do remédio mesmo. E se o remédio for aqueles que não podem ser encapsulados? Como é que você vai criar um remédio assim? É aí que o cientista vai usar a criatividade para determinar como o remédio deve ser usado.
>
> **Professora:** A Patrícia disse que tem que ser uma criatividade ligada a forma, tamanho, cor, ou seja, ela pensa na aparência física.
>
> **Patrícia:** Isso.
>
> **Fernanda (G1):** Primeiro que para você pensar em um projeto você já tem que ser criativo.
>
> **Professora:** Então a parte do projeto você acha que já envolve criatividade Fernanda?

> **Fernanda (G1):** Eu acho que quando você pensar no que fazer, nos detalhes já é criatividade.

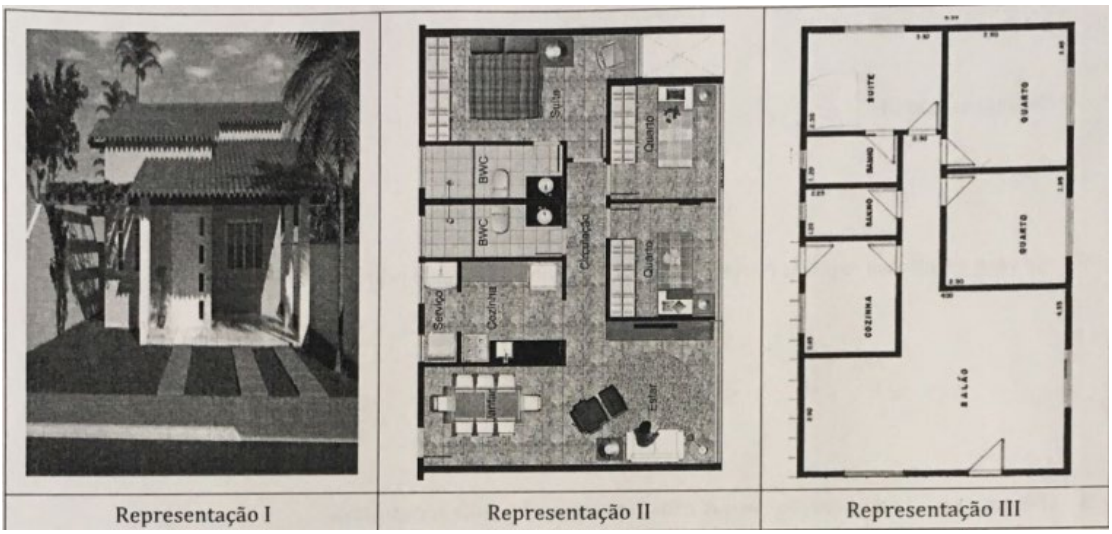
Ao longo dos diálogos, é observado que o aspecto da *criatividade* se manifestou naturalmente não só na fala dos estudantes e da professora, mas também na caracterização que lhe foi atribuída, visto que foram manifestadas três visões assertivas sobre a *criatividade*. Esse aspecto foi considerado pelos estudantes em uma associação importante as etapas de *criação* e *expressão* da modelagem, relacionando-as de modo a considerarem a *criatividade* como parte fundamental da prática científica.

5.1.4. Atividade 4: O papel das representações

Dado o desfecho das discussões anteriores, a professora rapidamente fez um compilado dos principais momentos vividos pelos estudantes no que diz respeito à elaboração de modelos para a máquina de refrigerantes. Tais momentos foram, por exemplo, a necessidade de desenhar, de escrever, realizar gestos e explicar todas as ideias nos diferentes tipos de representações para seus modelos. Nesse sentido, ela introduziu o objetivo da Atividade 4 – O papel das representações – enfatizando aos estudantes que, naquele momento, eles teriam a oportunidade de compreender os diferentes tipos de representações, apresentando os principais critérios para a realização da atividade.

Nesta ocasião, a atividade esteve centralizada na compreensão de três tipos de representações para uma casa (Figura 13), onde os integrantes dos grupos tiveram que analisar essas representações e explicar cinco questões orientadoras: (i) apresentar e justificar o que cada uma das representações consegue ou não explicar sobre a casa; (ii) determinar se todas as representações cumprem o objetivo de representar a casa da mesma maneira, apresentando o porquê; (iii) identificar quais os aspectos da casa as representações não levaram em consideração; (iv) selecionar e justificar qual das representações seria escolhida, caso fosse necessário explicar como seria a casa para um amigo e (v) exemplificar uma situação em que cada representação pode ser utilizada.

Figura 13 - Três formas de representação (I, II e III) de uma casa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após aproximadamente 20 minutos destinados à resolução da atividade, a professora iniciou as discussões com os grupos, fazendo a leitura de cada uma das perguntas. Então, Ana (G2) começou a expor as considerações de seu grupo para a primeira questão, enfatizando que a representação I (Figura 6) iria representar o 'design' da casa, ou seja, a forma concreta e final do projeto inicial com exposição de detalhes externos (grama, formato das janelas e portas), contudo, não conseguiria representar o interior da casa e nem mesmo a disposição dos móveis. Para a representação II, Ana (G2) relatou que ela explicaria muito bem a distribuição dos componentes da casa juntamente com as divisórias entre seus cômodos, entretanto não consegue representar o lado externo da casa. Para a representação III o grupo considerou que seria o início do projeto, a planta da casa propriamente dita, representando apenas a distribuição do espaço ocupado por cada cômodo, sem nenhum detalhe externo, podendo ainda assim sofrer mudanças por ser um projeto inicial, porém estaria impossibilitada de representar a disposição dos móveis e o formato final de como a casa ficaria externamente. Aspectos muito semelhantes também foram descritos por Fernanda, que estava representando o seu grupo (G1).

Para a segunda questão da atividade, a professora ouviu as considerações dos grupos, que enfatizaram que as representações (Figura 6) representam uma casa, porém, cada qual com objetivos diferentes

Na discussão da terceira questão, Juliana (G2) afirmou que em nenhuma representação foi possível ter uma ideia de como seria feito o encanamento da casa, nem mesmo a parte elétrica (tomadas, passagens dos fios elétricos etc.), além do mais, para Fernanda (G1) houve a ausência de garagem, enquanto para o Paulo (G1) não foi possível a visualização de como é o fundo da casa, nem mesmo o acabamento (pintura ou presença de reboco nas paredes) dessa área.

Em seguida, a quarta questão trouxe diferentes escolhas por parte dos grupos, sendo que ambos se preocuparam mais com a visão interna do que o exterior da casa. Nesse sentido, o G2 escolheu a representação II para explicar como seria a casa para um amigo, pois a mesma, além de representar a planta da casa, consegue ainda mostrar como estão dispostos os móveis em cada cômodo, além de representar o tamanho e quantidade dos objetos domésticos, tendo assim uma disposição do espaço interior da casa. Discordando dos argumentos do G2, o G1 selecionou a representação III, utilizando a prerrogativa de que o essencial é que o amigo, ao qual pretende-se explicar como é a casa, saiba apenas o essencial, por exemplo, quantos cômodos, quais são eles e onde se localizam no interior da casa. Além disso, a justificativa apresentada por G1 estava embasada no fato de ser um amigo (uma pessoa mais íntima), em uma conversa informal o que seria caracterizado sobre uma casa são elementos semelhantes aos visualizados na representação III.

Antes de partir para a quinta questão, a professora inclui uma situação muito recorrente na cidade onde a instituição de ensino que os estudantes pertencem se localiza. Nessa situação, a professora faz uma associação com o objetivo que as representações e suas limitações possuem, na descrição de critérios mais específicos sobre o que buscam explicar. Em sua fala, a professora fez a seguinte contextualização:

> **Professora:** Todo mundo conhece o Damasco (*supermercado da cidade*), certo? Lá eles costumam colocar um monte de anúncios, e quando fui lá, havia um anúncio que dizia o seguinte: “Casa colonial, com janelas e portas de madeira, três quartos, dois banheiros, sala conjugada com copa, cozinha, área externa, garagem para dois carros”. Essa descrição é um anúncio de venda. Não sei se consegui reproduzir com fidelidade todas as informações, mas era basicamente isso. Então, pensando nessa descrição feita por essa pessoa que anunciou a venda da casa, com qual das três representações essa descrição estaria mais compatível?

Nesse momento os estudantes tentaram estabelecer uma única representação, que fosse mais adequada para descrever o anúncio mencionado pela professora, entretanto, apresentaram dificuldades na seleção, porque nem todos os dados do anúncio poderiam ser explicados por uma única representação:

Imediatamente a Jussara (G1) concluiu que em uma certa representação era possível explicar algumas informações do anúncio, porém outras eram mais bem explicadas em outro tipo de representação: "*Tipo, falou quantos quartos e tudo, então aqui (aponta para a imagem da representação I) você não consegue ver, mas aqui (aponta para a imagem da representação II) é possível visualizar*". Então a professora continuou com os questionamentos:

> **Professora:** Será que eu tenho que escolher uma única representação?
>
> **Paulo (G1) e Jussara (G1):** Não.
>
> **Fernanda (G1):** Porque todos vão complementar e trazer uma forma mais completa de visualizar a casa.
>
> **Paulo (G1):** Assim como fizemos para a máquina de refrigerantes, várias ideias foram complementando para montar a máquina.

Logo em seguida a professora conclui com uma reflexão dos objetivos da atividade:

> **Professora:** Então pessoal, a ideia dessa atividade era só para a gente pensar que, às vezes, para uma mesma coisa a gente tem várias formas de representação. Do mesmo jeito que vocês fizeram, fazendo representações diferentes para a máquina de refrigerante, que ambas eram válidas, a gente tem que pensar que na Ciência podemos ter modelos diferentes para uma mesma coisa, vai depender do que a gente está querendo explicar. Por exemplo, você está querendo explicar o formato da célula num geral, você quer explicar o núcleo da célula, a organela da célula, então para uma mesma célula pode haver representações diferenciadas. Isso não quer dizer que uma representação é melhor do que a outra, porque o intuito de cada uma é representar coisas diferentes.
>
> **Patrícia (G2):** Depende do ponto de vista!
>
> **Professora:** Em que sentido Patrícia?
>
> **Patrícia (G2):** Por exemplo, no caso de uma representação diferente, eu acredito que você vai representar diferente para um tipo de pessoa. Porque o meu ponto de vista como estudante do ensino médio vai ser diferente de quem, por exemplo, faz Química.
>
> **Professora:** Hum, então será que o seu conhecimento anterior vai interferir nisso?
>
> **Patrícia (G2):** Interfere.

> **Professora:** Tanto em você criar o modelo quanto para você entender o processo de representar. Será que um Engenheiro bate o olho e vai entender as mesmas coisas que a gente?
>
> **Jussara (G1):** Não.

Nesta atividade, podemos observar que todas as discussões foram centradas nos modos de representação de ideias, objetos ou fenômenos, visando compreendê-los de maneira mais eficiente. Esse foi exatamente o objetivo da atividade, uma vez que os estudantes estiveram imersos no processo de construção de modelos até a Atividade 3.

Analisando como a professora conduziu essa quarta atividade, fica claro que suas intenções foram consolidar uma compreensão mais assertiva sobre os objetivos das representações e dos modelos nos processos científicos. Ela utilizou um contexto não científico onde um modelo poderia ser aplicado, tornando mais acessíveis as discussões de interesse tanto dela quanto das pesquisadoras envolvidas. Isso foi crucial para que os estudantes pudessem refletir sobre a importância dos modelos na prática científica ao final desta atividade.

Essa abordagem permitiu que os grupos apresentassem reflexões epistêmicas sobre como os modelos são concebidos, entendendo por que são construídos e para quem são destinados. A condução da professora facilitou bastante o direcionamento dos estudantes nesse sentido.

Quanto à modelagem, foi observado que a etapa mais expressiva nessa atividade foi a *expressão*, embora esta estivesse intrinsecamente ligada à *criação*. A *criação* é o momento em que surgem movimentos criativos, hipóteses são formuladas, dados são associados, testes mentais são realizados e um modelo cognitivo é concretizado — etapas essenciais antes da representação do modelo em diferentes formas.

Tanto a professora quanto os estudantes enfatizaram a importância da *representação*, influenciados pelo contexto específico da atividade e seus objetivos. Esse aspecto de NdC foi central nas reflexões promovidas durante a atividade. No entanto, outros aspectos também merecem consideração, como a *limitação* inevitável dos modelos. Na última fala da professora, ela enfatizou que mesmo um modelo bem

elaborado ainda terá suas falhas e poderá não abranger completamente tudo o que se deseja explicar.

Um dos aspectos que justifica essa limitação é a *subjetividade* intrínseca ao processo de criação do modelo. Cada indivíduo que participa desse processo traz consigo suas próprias perspectivas e entendimentos específicos, o que pode limitar a compreensão do modelo por pessoas que não estiveram envolvidas na sua criação ou não possuem familiaridade com as características específicas que o modelo aborda.

Observamos que esses aspectos foram manifestados pelos estudantes, especialmente devido à abordagem indutiva das questões e reflexões da professora. Isso ressalta a complexidade envolvida na construção e na interpretação de modelos científicos, destacando a importância de considerar tanto suas capacidades quanto suas limitações.

5.1.5. Atividade 5: Pensando sobre os plásticos

Após as discussões da Atividade 4, a professora introduziu a Atividade 5 com um objetivo claro e multifacetado. Nessa atividade, os grupos foram desafiados a listar diversos objetos contendo plástico que utilizam em seu dia a dia, com uma análise detalhada de três características principais: (i) a quantidade utilizada, para obter uma dimensão do nível de consumo desses objetos; (ii) a finalidade de seu uso, visando entender os propósitos e necessidades atendidas por esses itens; e (iii) o destino dado após a utilização, com o intuito de avaliar as práticas de descarte e explorar possíveis modos de reutilização ou reciclagem.

Essa atividade possuía um formato semelhante àquela realizada no início do primeiro encontro. No entanto, a professora destacou uma distinção crucial: enquanto a atividade inicial focava nos objetos plásticos observados no ambiente da sala de aula, esta nova tarefa exigia uma reflexão mais ampla, abrangendo a variedade de objetos plásticos presentes nas residências dos estudantes. Essa mudança de foco ampliava a análise, permitindo uma visão mais abrangente e contextualizada do uso e descarte do plástico na vida cotidiana.

Nesse contexto, a professora conduziu reflexões e perguntas estruturadas pela abordagem da QCP, focando na introdução dos estudantes a questões abrangentes

sobre o uso e aplicação de plásticos no cotidiano, explorando os problemas associados a esse material. Essa estratégia torna-se relevante, pois os estudantes logo adiante iriam explorar atividades centradas no contexto científico dos plásticos, abordando temas como constituição, propriedades físicas, químicas dos polímeros, entre outros.

O tempo destinado para a conclusão da atividade foi de aproximadamente dez minutos. Esse intervalo de tempo foi planejado para incentivar uma reflexão rápida e eficaz, promovendo uma discussão imediata e relevante sobre os padrões de consumo e as práticas de descarte de plástico entre os estudantes. A atividade não apenas reforçava conceitos discutidos anteriormente, mas também buscava engajar os estudantes em uma análise crítica e prática de suas próprias ações e comportamentos relacionados ao uso de plásticos.

Os grupos mencionaram diversos itens de uso recorrente, como sacolas plásticas para armazenamento de lixo, absorventes e escovas de dente, que necessitam de troca contínua. Durante as discussões, os estudantes também compartilharam formas alternativas de reutilização de materiais, como o uso de garrafas PET para armazenar outros líquidos e grãos. Além disso, citaram objetos com maior vida útil, como sapatos e roupas sintéticas, que podem ser reutilizados através de doações.

Durante a socialização dos objetos listados pelos grupos, alguns estudantes destacaram a prática da coleta seletiva e a separação do lixo úmido do seco. No entanto, vários estudantes relataram dificuldades na implementação dessas práticas. As razões citadas incluíram a falta de motivação das pessoas em seu ambiente social e a ausência de infraestrutura de coleta seletiva onde vivem. Esses obstáculos apontam para desafios significativos na adoção de práticas sustentáveis, revelando a necessidade de ações educativas e de políticas públicas que incentivem a coleta seletiva e promovam a conscientização ambiental.

Em consonância com esse momento, discussões sobre a presença de materiais plásticos nos celulares levantaram várias questões. Os estudantes destacaram (i) a dificuldade de reciclagem dos componentes dos celulares, devido à associação com metais e outros componentes eletrônicos, e (ii) o papel da sociedade e das mídias na promoção do consumismo de bens materiais. Quando o celular foi

mencionado como um objeto contendo materiais plásticos, a professora estimulou os estudantes a refletirem sobre o seguinte:

> **Professora:** Gente! Vamos pensar sobre isso, toda hora lançam um celular novo no mercado, e pode acontecer de você perder ou deixar cair. E aí, você vai comprar outro aparelho. Mas e esses celulares velhos, o que vocês fazem deles?
>
> **Ricardo (G1):** Eles não são reaproveitados.
>
> **Professora:** Por quê?
>
> **Ana (G2):** As peças são.
>
> **Ricardo (G1):** Não todas. Além de as pessoas não descartarem esses aparelhos de maneira correta.

Essa troca revelou a complexidade do descarte de eletrônicos e a insuficiência das práticas de reciclagem, além de evidenciar a influência da obsolescência programada e do consumismo. A discussão destacou a necessidade de políticas mais eficazes para o descarte e a reciclagem de dispositivos eletrônicos, assim como a educação contínua para práticas de consumo mais sustentáveis.

Nesse mesmo contexto, a professora refletiu junto aos estudantes sobre a influência que a mídia e os instrumentos de comunicação (TV, propagandas, redes sociais) exercem para induzir as pessoas a manterem seus objetos eletrônicos sempre atualizados com as mais novas versões, mesmo quando as anteriores já atendem às necessidades básicas do dia a dia. Tais reflexões também foram manifestadas pelos integrantes dos grupos. Aproveitando a questão do consumismo, a professora buscou entender a visão dos alunos sobre as consequências do consumo de plásticos.

Nesse mesmo contexto, a professora estimulou reflexões entre os estudantes sobre como a mídia e os meios de comunicação influenciam o consumismo constante de novas versões de eletrônicos, mesmo quando as versões anteriores ainda são funcionais. Essas reflexões foram compartilhadas pelos grupos, ampliando o debate sobre as implicações desse consumo exacerbado de plásticos:

> **Professora:** O que vocês acham que as pessoas devem considerar em relação ao consumo de plástico?
>
> **Patrícia (G2):** O impacto ambiental, porque o acúmulo de lixo pode se tornar um problema difícil de gerenciar.
>
> **Fernanda (G1):** As pessoas tendem a se acomodar, culpando o governo, mas muitas vezes não fazem sua parte para mudar isso.

> **Professora:** Vamos pensar em objetos como absorventes, que são essenciais para higiene pessoal e acabam indo para o lixo. Mas e objetos como copos, óculos, canetas, garrafas PET? Será que não poderíamos reduzir seu consumo?

Os estudantes concordaram com a possibilidade de redução e discutiram formas alternativas de uso e descarte sustentável de materiais plásticos. Durante essa discussão, destacaram que a decomposição lenta dos plásticos é uma grande desvantagem para o meio ambiente. Quando a professora questionou sobre as vantagens do plástico, os estudantes mencionaram sua versatilidade, facilidade de manipulação, baixo custo e leveza:

> **Patrícia (G2):** O plástico deve ser mais fácil de manipular, mais barato para as empresas e mais leve.

Além disso, alguns estudantes mencionaram a facilidade relativa de reciclagem, mas a professora alertou sobre os desafios enfrentados no processo de reciclagem, como a falta de conscientização na separação adequada do lixo e os problemas associados à triagem e processamento inadequados.

A discussão também abordou alternativas para reduzir o consumo de plástico, incluindo o uso de materiais substitutos menos poluentes ou que requerem menos plástico na fabricação. Os estudantes exploraram ideias como armações de óculos de bambu e escovas de dentes com partes substituíveis, ressaltando a importância da inovação e da conscientização para encontrar soluções mais sustentáveis:

> **Patrícia (G2):** Acredito que, com conscientização e investimento, podemos encontrar alternativas tão eficazes quanto ou até melhores do que o plástico.

A professora compartilhou exemplos de iniciativas inovadoras, como armações de óculos de bambu desenvolvidas por um aluno do curso de agronomia, enfatizando a viabilidade de materiais alternativos. Os estudantes também sugeriram substituir garrafas PET por vidro ou evitar o consumismo através do uso de sacolas retornáveis e biodegradáveis.

Essas discussões encorajaram os estudantes a considerar não apenas os problemas associados ao uso excessivo de plásticos, mas também possíveis soluções através de escolhas de consumo mais conscientes e sustentáveis.

Diante do exposto, podemos identificar diversos aspectos de NdC que emergiram das discussões entre os estudantes. É importante destacar que esta atividade, focada no contexto introdutório da aplicação dos plásticos, não incluiu etapas de modelagem, devido aos objetivos específicos desta fase do estudo cotidiano. As reflexões introduzidas pela professora incentivaram os estudantes a explorar aspectos como a *influência sociopolítica*, *limitação*, *influência motivacional*, *objetivos* e *modos de comunicação*.

Um dos aspectos identificados foi a ausência de políticas públicas robustas e de programas educativos eficazes que promovam uma conscientização mais ampla sobre a importância da reciclagem, caracterizado aqui como *influência sociopolítica*. Essa lacuna se correlaciona diretamente com o aspecto *limitações*, incluindo a falta de infraestrutura adequada e comunicação eficiente, que dificultam a implementação efetiva dos processos de reciclagem.

A *influência motivacional* foi outro ponto destacado, onde os estudantes discutiram tanto fatores intrínsecos quanto extrínsecos que influenciam o uso e reuso dos plásticos no dia a dia. Isso inclui desde a disseminação de boas práticas através das mídias sociais e tradicionais até a iniciativa individual em separar resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados, caracterizando neste omento os aspectos *objetivos* e *modos de comunicação*.

Esses aspectos revelam a complexidade das interações entre indivíduos, políticas públicas, infraestrutura e comunicação na gestão sustentável dos plásticos, proporcionando insights valiosos para uma dissertação que explore as dinâmicas socioambientais associadas ao consumo e descarte de materiais plásticos.

5.2. Representação para a Análise de Dados

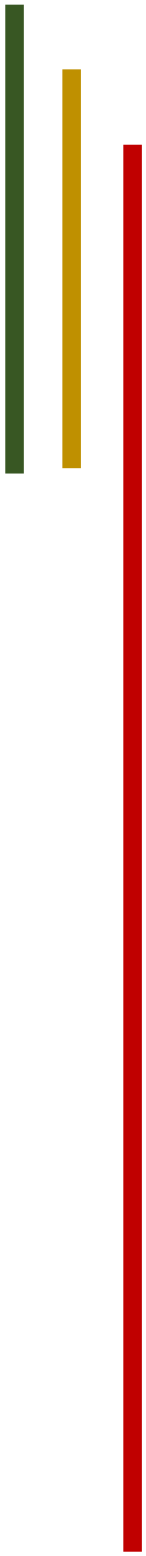
Este capítulo apresenta uma representação visual das ações e manifestações de NdC (Quadro 4). Discutiremos as relações entre a condução das atividades de modelagem, com foco na influência da mobilização de questões e reflexões das professoras. Além disso, também buscamos compreender como os estudantes manifestaram os aspectos de NdC com base nessas ações, visando evidenciar as motivações associadas aos eventos em que tais aspectos foram identificados.

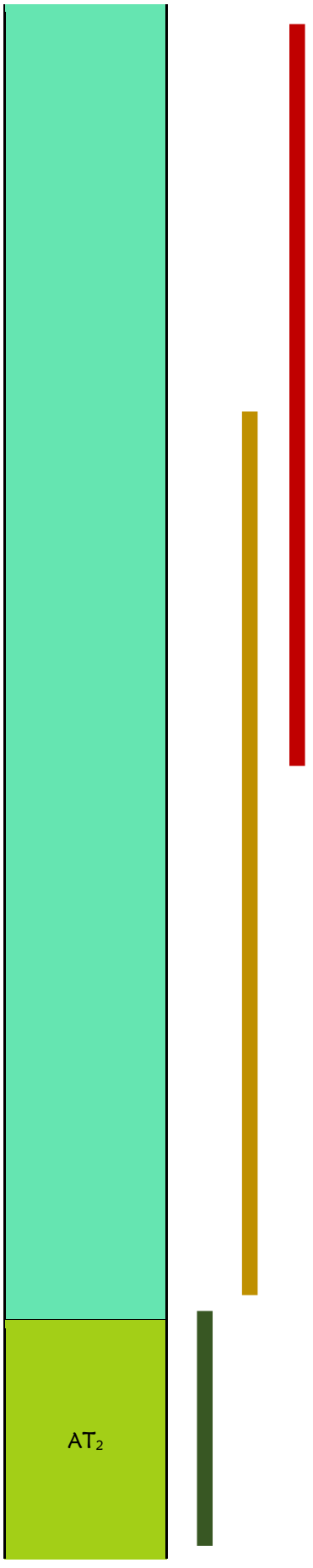
Somado a isso, por meio dessa discussão podemos identificar como o MoCEC v.3 se adaptou ao nosso contexto de pesquisa. Consideramos sua aplicabilidade para auxiliar na representação da análise de dados e na discussão deles, juntamente com suas possíveis limitações diante do contexto analisado. Além disso, essa discussão também oferecerá um olhar sobre as relações epistêmicas que os estudantes possivelmente estabeleceram ao longo das atividades, sempre contextualizando essas relações com nossos outros objetos de estudo.

Essa representação, não apenas delimita o desenvolvimento do processo de modelagem, mas principalmente nos permite compreender por uma lente macroscópica, como as manifestações dos estudantes quanto aos aspectos de NdC estavam correlacionadas as ações das professoras, bem como das influências que as etapas de modelagem e seus contextos de investigação afetavam essas relações entre os envolvidos na pesquisa.

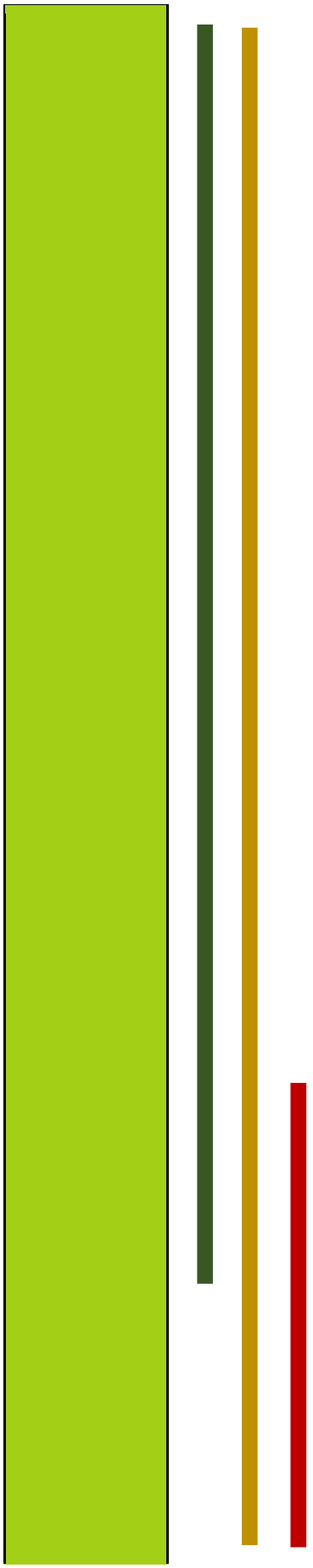
Desse modo, os estudantes, em resposta às intervenções das professoras, manifestam diversos aspectos de NdC. Por exemplo, a *interação entre cientistas* (NdC^{24}) é frequentemente mencionada, sugerindo que os estudantes estão começando a entender a importância da colaboração no contexto científico. A *falibilidade* (NdC^{21}) também é um aspecto recorrente, indicando uma crescente percepção de que a Ciência é um processo dinâmico e sujeito a revisões. Esses aspectos surgem muitas das vezes ao longo de momentos em que as etapas de *teste*, *expressão* e *avaliação* são mais expressivas, fazendo com que a condução das professoras se direcione a investigar a percepção quanto aos critérios utilizados na elaboração do modelo, o potencial explicativo do mesmo para um contexto específico e as contribuições entre os integrantes para a construção de ideias que juntas possibilitam que os objetivos da atividade sejam alcançados de maneira eficaz.

Quadro 4 - Representação da análise para os dados das atividades de modelagem do contexto cotidiano.

Atividades	Etapas da Modelagem (C E T A)	Ações da Professora e Pesquisadoras	Manifestações dos Estudantes
AT_1		Orientações e intervenções nos grupos durante a execução da AT_1.	**NdC^{15}** – *Representação.* **NdC^{38}** – *Objetivos.* **NdC^{40} –** *Modos de comunicação.* **NdC^{5}** – *Criatividade.* **NdC^{24}** – *Interação entre cientistas.* **NdC^{1}** – *Epistemologia.* **NdC^{23}** – *Influência sociopolítica.* **NdC^{19}** – *Aceitabilidade.* **NdC^{21} –** *Falibilidade.*
		2 QRM (Questões/reflexões que geraram Revisões nos Modelos). Socialização dos protomodelos. **NdC^{24}** – *Interação entre cientistas.* **(2) NdC^{21}** – *Falibilidade.* **NdC^{2}** – *Ética.* **NdC^{38}** – *Objetivos.*	
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). Socialização do modelo do G1. **NdC^{8}** – *Influência motivacional.*	**NdC^{19}** – *Aceitabilidade* **NdC^{25} –** *Acesso ao conhecimento* **NdC^{23}** – *Influência sociopolítica.* **NdC^{15}** – *Representação.* **NdC^{12}** – *Objetividade.* **NdC^{19}** – *Criatividade*
		QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Questionamento da professora sobre a ausência da refrigeração nos modelos do G2 e G3. **NdC^{14}** – *Racionalidade.* **NdC^{21}** – *Falibilidade.* **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). PQ2 enfatiza a importância de explicitarem os elementos que pareçam óbvios durante a modelagem.	**NdC^{21}** – *Falibilidade.* **NdC^{15}** – *Representação.* **NdC^{40} –** *Modos de comunicação.*



NdC[15] – *Representação.* **NdC**[40] **–** *Modos de comunicação.*	
QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Professora faz uma questão que retoma a importância da socialização dos modelos na identificação de limitações. **NdC**[10] **–** *Limitação.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Reflexões da professora acerca dos limites dos modelos e do contexto que os permitiu serem evidenciados. **NdC**[11] **–** *Não linearidade do pensamento.* **NdC**[24] **–** *Interação entre cientistas.*	**NdC**[10] **–** *Limitação.*
QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora apresentou uma discussão sobre a eficácia dos protomodelos produzidos. **NdC**[15] **–** *Representação.* **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora questiona sobre a visão econômica apresentada pelos estudantes. **NdC**[32] **–** *Viabilidade.* **NdC**[21] **–** *Falibilidade.*	**NdC**[32] **–** *Viabilidade.* **NdC**[26] **–** *Aplicabilidade.* **NdC**[30] **–** *Produtividade.* **NdC**[29] **–** *Investimento econômico.* **NdC**[23] **–** *Influência sociopolítica.*
QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora inicia a Atividade 2 com uma instrução ligada aos ajustes que seriam necessários nos modelos dos grupos.	Não houve manifestações dos estudantes.



NdC[24] – *Interação entre cientistas*. **NdC[10] –** *Limitação*. **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Professora faz a introdução de uma segunda instrução, com relação ao detalhamento na observação das novas condições da Atividade 2 e no que iriam expressar em seus modelos. **NdC[15] –** *Representação.*	
QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). PQ2 mobiliza discussões ligadas a implementação de elementos óbvios e essenciais aos modelos. **NdC[10]** – *Limitação*. **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). PQ2 faz uma segunda reflexão ligada ao papel limitado que os modelos possuíam para as condições da Atividade 2. **NdC[10]** – *Limitação*. **NdC[14] –** *Racionalidade*.	**NdC[17]** – *Subjetividade*.
QCC (Questões/reflexões envolvendo a ênfase de um Conhecimento Científico). PQ2 faz uma analogia para enfatizar que não existe um sistema térmico que não perca calor para o ambiente. **NdC[14]** – *Racionalidade*.	Não houve manifestações dos estudantes.
QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora questionou os estudantes do G1 sobre suas considerações para a Atividade 2.	**NdC[14]** – *Racionalidade*. **NdC[5]** – *Criatividade*. **NdC[15]** – *Representação.* **NdC[12]** – *Objetividade*.

		NdC[15] – *Representação.* **NdC[10]** – *Limitação*. **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora concluiu junto aos estudantes sobre um quesito de abrangência apresentado no modelo do G1. **NdC[15] –** *Representação.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Professora finaliza a intervenção no G1 com uma reflexão pautada em características do processo de modelagem. **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento*.	
	O contexto das ações das pfessoras e manifestações dos estudantes ocorreram durante a etapa de *teste*. Entretanto nesse evento não foram identificados manifestações das etapas de modelagem.	**QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 questionou o G1 sobre o perfil dos cientistas e do trabalho que os mesmo executam. **NdC[13]** – *Personalidade*. **NdC[1]** – *Epistemologia*. **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). A PQ2 questionou os estudantes de modo a compreender suas visões da progressividade do conhecimento científico. **NdC[5]** – *Criatividade*.	**NdC[35] –** *Não linearidade*. **NdC[37] –** *Provisoriedade*. **NdC[21] –** *Falibilidade*. **NdC[5] –** *Criatividade*. **NdC[8]** – *Influência motivacional*. **NdC[36]** – *Progressividade*.
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). A PQ2 retomou a questão sobre as características que representariam um cientista.	**NdC[12]** – *Objetividade.* **NdC[13]** – *Personalidade.* **NdC[2]** – *Ética.* **NdC[16]** – *Subjetividade.* **NdC[20]** – *Credibilidade.*

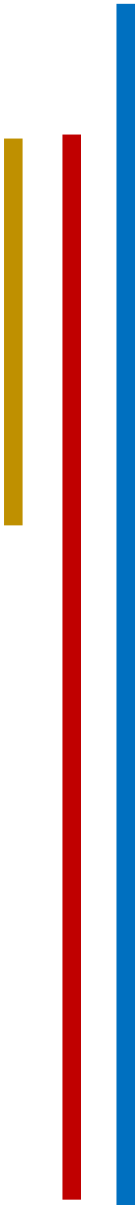
	NdC[13] – *Personalidade (identificado anteriormente).* **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). A PQ2 interrogou o grupo sobre a sociabilidade do cientista fora do contexto de pesquisa. **NdC[8]** – *Influência motivacional*. **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). Surgiu nesse momento uma nova questão feita pela PQ2 sobre a relevância do trabalho em grupo. **NdC[24]** – *Interação entre cientistas*. **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). Pergunta feita pela PQ2 sobre a possibilidade de os cientistas trabalharem em grupo. **NdC[24]** – *Interação entre cientistas*.	**5 NdC[24]** – *Interação entre cientistas*. **NdC[1]** – *Epistemologia*.
	QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). Pesquisadoras (PQ1 e PQ2) conduzem questões sobre o ambiente de pesquisa dos cientistas. **NdC[1]** – *Epistemologia*. **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 investigou sobre o tempo gasto para o desenvolvimento de uma pesquisa científica. **NdC[1]** – *Epistemologia*. **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 perguntou sobre a possibilidade de cientistas	**NdC[1]** – *Epistemologia*. **NdC[15]** – *Representação*. **NdC[12]** – *Objetividade*. **NdC[6]** – *Falibilidade*.

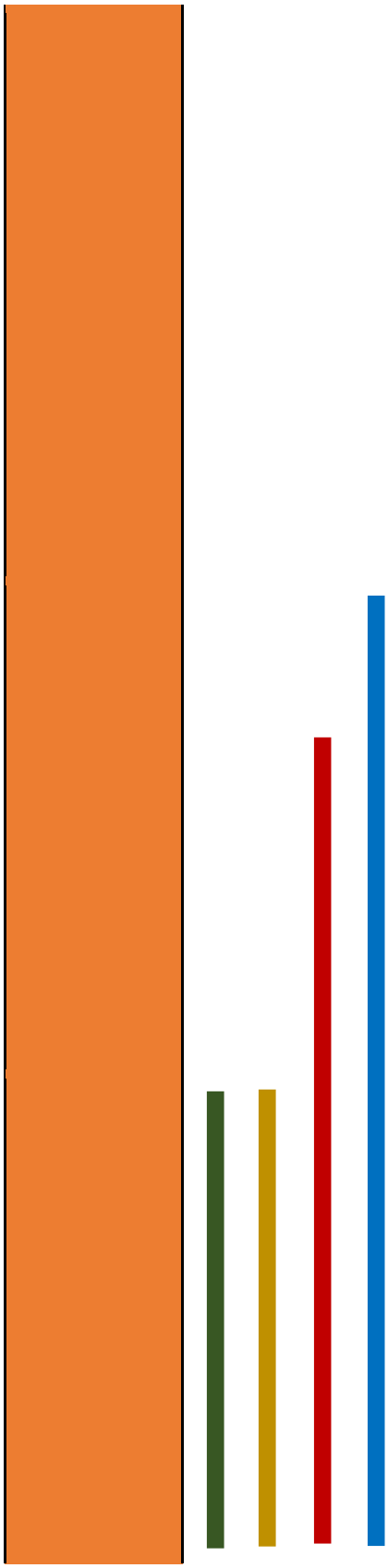
também cometerem erros no processo de desenvolvimento do conhecimento científico. **NdC[6]** – *Falibilidade*.	
QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ1 indagou os estudantes do G1 sobre a possibilidade de haver descobrimentos científicos por causalidade ou acidentes que provocam o descobrimento de algo inusitado. Não foram identificados aspectos coerentes com a explicitação das intenções dessa questão.	Os estudantes ao responderem essa questão trouxeram a visão de que existe a possibilidade de descoberta por causalidade. Também não foram identificados aspectos no MoCEC v.2
QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ1 indagou os estudantes do G1 sobre a possibilidade de haver descobrimentos científicos por causalidade ou acidentes que provocaram o descobrimento de algo inusitado. **NdC[12]** – *Objetividade*. **NdC[9]** – *Inteligência*. **NdC[13]** – *Personalidade*.	**NdC[13]** – *Personalidade*.
QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora faz questões para o G2 sobre a atividade de teste e sobre a capacidade explicativa do modelo. **NdC[14] –** *Racionalidade.* **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). A professora questiona sobre a viabilidade do modelo aceitar moedas. Averiguação da condição 1 da Atividade 2. **NdC[10] –** *Limitação.*	**NdC[15] –** *Representação.*

		QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). A professora questiona sobre capacidade explicativa do protomodelo do G2 para a segunda condição da Atividade 2. **NdC[10] –** *Limitação.*	**NdC[15] –** *Representação.* **NdC[10]** – *Limitação*.
	Entrevista com os estudantes do G2 sobre modelos e suas relações com a Ciência. Portanto, não houve presença de etapas da modelagem.	**QCP** (Questões/reflexões envolvendo os Conhecimentos Prévios dos estudantes). Questões e reflexões feitas pela professora com intuito de compreender as concepções dos estudantes do G2 sobre o uso de modelos. **NdC[15] –** *Representação.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Professora buscou investigar a opinião dos estudantes do G2 sobre as relações entre os modelos e o seu papel na Ciência. **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[36] –** *Progressividade.* **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Interrogação sobre as experiências que os estudante tiveram com o processo de criar modelos. **NdC[15] –** *Representação.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Professora buscou investigar qual a visão dos estudantes do G2 sobre as práticas	**3 NdC[15] –** *Representação.*

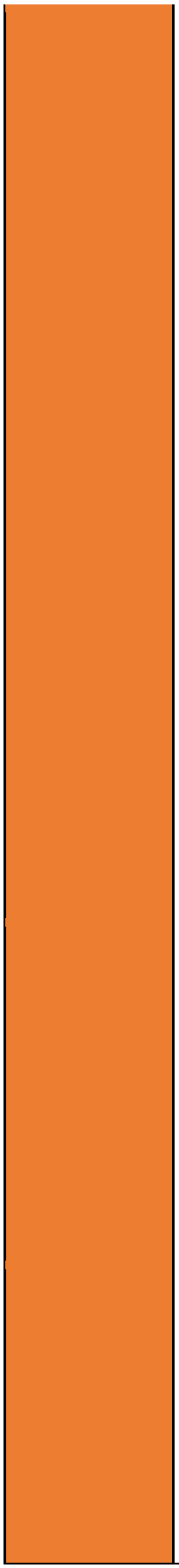
		vivenciadas por eles até o momento com o que é feito na Ciência. **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[40] –** *Modos de comunicação*.	
		QRM (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). PQ1 perguntou ao G3 se diante das condições da Atividade 2 eles teriam que descartar completamente seu protomodelo. **NdC[10] –** *Limitação.*	**2 NdC[10] –** *Limitação.*
	Neste ponto da análise, as intervenções foram direcionadas a identificar as concepções dos estudantes do G3 sobre a Natureza da Ciência (NdC). Em contraste com a intervenção no G1, os estudantes do G3 trouxeram algumas relações estabelecidas com o processo de modelagem que vivenciaram até esse momento. Portanto, ocorrerão alguns saltos na coluna das etapas da modelagem, pois consideramos a sua aparição apenas quando elas estão claramente relacionadas às manifestações dos estudantes ou das pesquisadoras que desempenharam esse papel no grupo.		
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). Pesquisadoras questionaram os estudantes sobre características do perfil do cientista, do modo como trabalham e das relações que ele possui com o ambiente fora e dentro da Ciência. **NdC[13] –** *Personalidade.* **NdC[8] –** *Influência motivacional.*	**NdC[5] –** *Criatividade.* **NdC[36] –** *Progressividade*. **NdC[13] –** *Personalidade.*
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). Pesquisadoras questionaram os estudantes sobre características do perfil do cientista, do modo como trabalham e das relações que ele possui com o ambiente fora e dentro da Ciência. **NdC[1] –** *Epistemologia.*	**NdC[35] –** *Não linearidade.* **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[18] –** *Influência cultural.* **NdC[2] –** *Ética.* **NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento.* **NdC[5] –** *Criatividade.* **NdC[5] –** *Personalidade.*

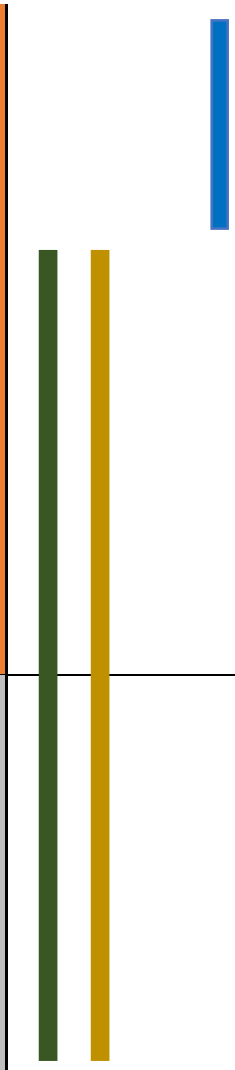
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 faz uma reunião das ideias dos estudantes e os questiona sobre quais seriam os próximos passos após a fase inicial da revisão de literatura. **NdC[1] –** *Epistemologia.* **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 busca investiga o porquê os estudantes associaram os experimentos aos testes realizados por cientistas. **Nenhum aspecto evidente.**	
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 questiona o G3 sobre os tipos de testes que são feitos pelos cientistas. **NdC[1] –** *Epistemologia.* **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 questionou os estudantes sobre os tipos de pesquisa existente (teórica e empírica). **NdC[1] –** *Epistemologia.*	**3 NdC[14] –** *Racionalidade.* **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[15] –** *Representação.*
		QMT (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 questionou os estudantes sobre a importância do trabalho em grupo. **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 expressou uma reflexão sobre a não linearidade do pensamento envolvendo uma prática científica.	**NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento.* **2 NdC[21] –** *Falibilidade.* **2 NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[8] –** *Influência motivacional.* **NdC[29] –** *Investimento econômico.* **NdC[4] –** *Complexidade.* **NdC[10] –** *Limitação.*

		NdC[35] – *Não linearidade.* **QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). PQ2 relacionou as influências que a socialização da Atividade 1 teve sobre o teste dos modelos. **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[10] –** *Limitação.*	
AT_3		**QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). A atividade 3 inicia com questões orientadoras que abordam o perfil de uma QRM com outras questões inseridas no mesmo estilo pela professora e pesquisadoras. **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[10] –** *Limitação.* **QRM** (Questões/reflexões que geram revisões nos modelos). Professora questionou os estudantes sobre a possibilidade de existir um modelo mais explicativo entre os que foram produzidos até o momento. **NdC[19] –** *Aceitabilidade.*	**NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[26] –** *Aplicabilidade.* **NdC[12] –** *Objetividade.* **NdC[23] –** *Influência sociopolítica.*
		QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). Em um novo contexto a professora busca compreender dos estudantes o motivo pelo qual produziram modelos tão diferentes entre os grupos. **NdC[16] –** *Subjetividade.* **NdC[1] –** *Epistemologia.*	**NdC[16] –** *Subjetividade.* **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[19] –** *Aceitabilidade.* **NdC[38] –** *Objetivos.*
		3 QMT (Questões/reflexões Metacientíficas).	**NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[40] –** *Modos de comunicação.*



Questões mobilizadas pela professora tangenciando diferentes pontos de vista do processo que os estudantes vivenciaram. Tais indagações buscavam entender a importância do trabalho em grupo e da relevância da comunicação dentro e fora da comunidade científica. **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[40] –** *Modos de comunicação.* **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[28] –** *Fonte de financiamento.*	**NdC[35] –** *Não linearidade.* **NdC[36] –** *Progressividade.*
2 QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora questiona os estudantes sobre como as atividades desenvolvidas até esse momento contribuíram para as concepções que eles possuíam sobre os modelos. **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[14] –** *Racionalidade.* **NdC[1] –** *Epistemologia.*	**NdC[15] –** *Representação.* **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento.*
QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora questiona os estudantes sobre como o processo vivenciado por eles poderia ser influenciado com a injeção de recursos ilimitados (dinheiro, pessoas, equipamento etc.). **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[28] –** *Fonte de financiamento.*	**NdC[30] –** *Produtividade.*

	**QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora reformula sua questão buscando redirecionar os estudantes para uma visão de metaprocesso. **NdC[1] –** *Epistemologia.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora indaga os estudantes sobre a influência de conhecimentos (profissionais de áreas distintas) na construção dos modelos. **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento.* **QCP** (Questões/reflexões envolvendo os Conhecimentos Prévios dos estudantes). **Nenhum aspecto evidente.**	**2 NdC[15] –** *Representação.* **NdC[26] –** *Aplicabilidade.* **NdC[24] –** *Interação entre cientistas.* **NdC[11] –** *Não linearidade do pensamento.* **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[9] –** *Inteligência.*
	2 QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora indaga os estudantes se eles em algum momento tiveram que realizar algum tipo de teste no modelo. **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[15] –** *Representação.*	**NdC[15] –** *Representação.*
	QPM (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora buscou compreender se os estudantes tiveram algum tipo de dificuldade na execução da Atividade 3 ao terem que inserir o modelo previamente	**NdC[14] –** *Racionalidade.* **NdC[5] –** *Criatividade.*

		testado em um contexto amplo (caixa eletrônico). **NdC[1] –** *Epistemologia.* **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[4] –** *Complexidade.* **QPM** (Questões/reflexões envolvendo o Processo de Modelagem). A professora questiona os estudantes se eles foram criativos em algum momento e se um cientista também precisa ser criativo na construção de conhecimento científico. **NdC[5] –** *Criatividade.*	
AT_4		**QMT** (Questões/reflexões Metacientíficas). Reflexões e questões que a professora mobilizou com intuito de consolidar o papel importante dos modelos enquanto prática científica. **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[16] –** *Subjetividade.*	**NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[15] –** *Representação.* **NdC[16] –** *Subjetividade.*
AT_5	Nenhuma etapa identificada diante dos objetivos da atividade.	**2 QCP** (Questões/reflexões envolvendo os Conhecimentos Prévios dos estudantes). Questões e reflexões feitas pela professora com intuito de compreender as concepções dos estudantes sobre o uso dos plásticos.	**NdC[23] –** *Influência sociopolítica.* **NdC[10] –** *Limitação.* **NdC[8] –** *Influência motivacional.* **NdC[38] –** *Objetivos.* **NdC[40] –** *Modos de comunicação.*

Fonte: Elaborado pelo autor.

As questões e/ou reflexões do tipo QRM e QMT levantadas pelas professoras foram as mais recorrentes e cruciais para aprofundar a compreensão dos estudantes sobre a NdC. Através de questões que geram revisões nos modelos, como a importância de explicitar elementos óbvios e em detalhes durante a modelagem, os estudantes são levados a refletir sobre a racionalidade (NdC14) e a representação (NdC15) em seus trabalhos. Além disso, o perfil desse tipo de questão estabelecido

pelas professoras esteve direcionado para os objetivos finais de cada atividade conduzida, ou seja, se tornarem importantes conectivos entre as atividades, bem como momentos de consolidação de alguma etapa da modelagem que se desejava consolidar. As QPM também foram frequentemente observadas nesta pesquisa, uma vez que as atividades também tinham como objetivo a compreensão de como o processo em si da modelagem possui relevância no contexto das práticas científicas. Tais percepções foram sendo captadas pelas considerações dos estudantes, mas de modo indutivo também foram inseridas tais visões ao longo do processo pelas professoras.

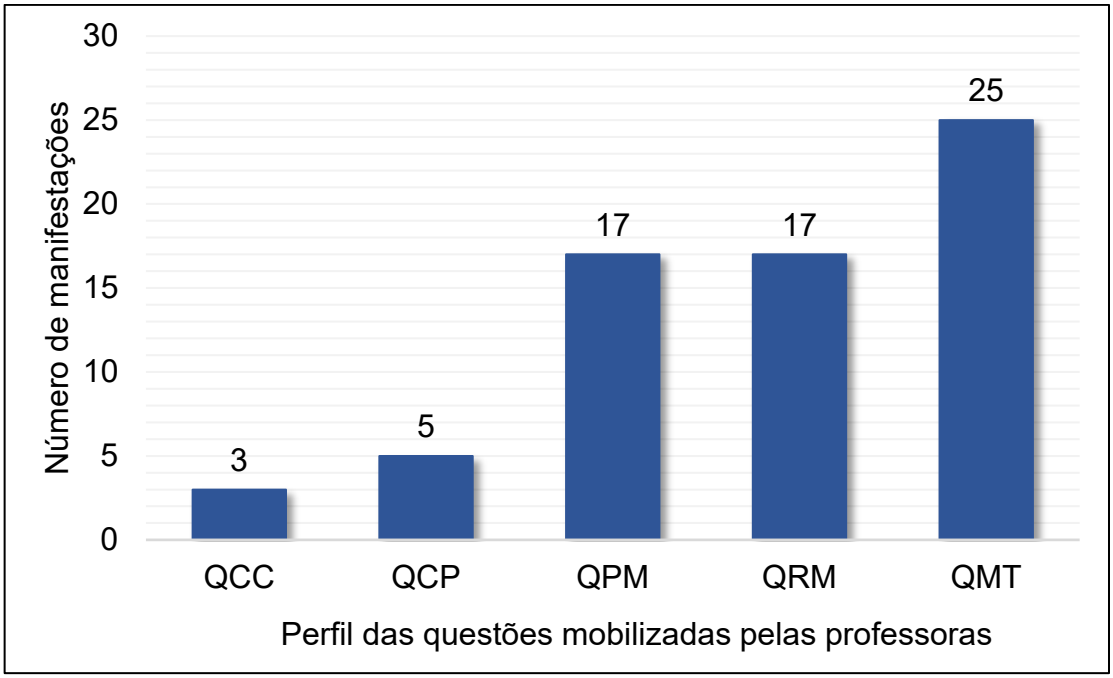
Já as demais questões, QCC e QCP, foram observadas com uma frequência muito baixa em relação as demais. Os dados nos mostram que essa observação se deu em decorrência ao contexto em que as atividades buscavam explicar. Todos os contextos foram de conhecimentos não científicos, como a elaboração das máquinas de vender refrigerante e do caixa eletrônico.

Outro ponto a ser ressaltado nesse quadro, está nas relações diretas entre os efeitos das etapas da modelagem e suas relações conjuntas (como por exemplo a aparição de diversos eventos onde o teste e a expressão caminharam juntas, ou mesmo a tríade expressão, teste e avaliação, entre outros conjuntos) na manifestação de aspectos de acordo com o tipo de questão e com qual direcionamento. Por exemplo, em situações em que se queria entender qual foi o caminho percorrido para a elaboração do modelo para a máquina de refrigerantes, os estudantes se direcionaram bastante nos aspectos de NdC da Psicologia da Ciência. Enquanto em determinados momentos em que se queria entender as visões metacientíficas do processo, os aspectos mais recorrentes foram aqueles das áreas da Sociologia e Economia da Ciência.

A visão epistêmica dos estudantes sobre o processo de construção de um conhecimentos científico já era bem desenvolvida em vários aspectos como se pode observar diante do número de manifestações e de interações entre professoras e estudantes. Esse fator pode ser explicado pelo contexto de estudos dos mesmos, mas as recorrência só foram oriundas das questões induzidas pelas professoras.

5.3. Explorando Tendências: Uma Análise Gráfica

Gráfico 1 - Questões mobilizadas pelas professoras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste gráfico, observamos que a baixa mobilização de questões do tipo QCC e QCP se deve ao contexto cotidiano (não científico) das atividades investigadas. Esse cenário não exigia um nível elevado de conhecimentos científicos para resolver os problemas apresentados, nem demandava que as professoras utilizassem questões que envolvessem a análise de conhecimentos prévios dos estudantes ou a ênfase em conhecimentos científicos durante a elaboração dos modelos.

Por outro lado, as questões do tipo QPM e QRM apresentaram uma frequência semelhante devido ao seu caráter complementar. Esta relação bidirecional ocorreu devido aos objetivos específicos dessas questões. Enquanto as QPM investigam as visões metacognitivas do processo de modelagem dos estudantes, as QRM induzem um olhar crítico para o modelo construído. Em diversos eventos, as QPM surgiram ao final de cada atividade, pois a análise das experiências vivenciadas pelos estudantes só pode ser realizada após a conclusão das atividades. Concomitantemente, observamos que as QRM se integraram a essas manifestações durante as etapas de teste e avaliação, especialmente nas Atividades 2 e 3. O objetivo dessas atividades

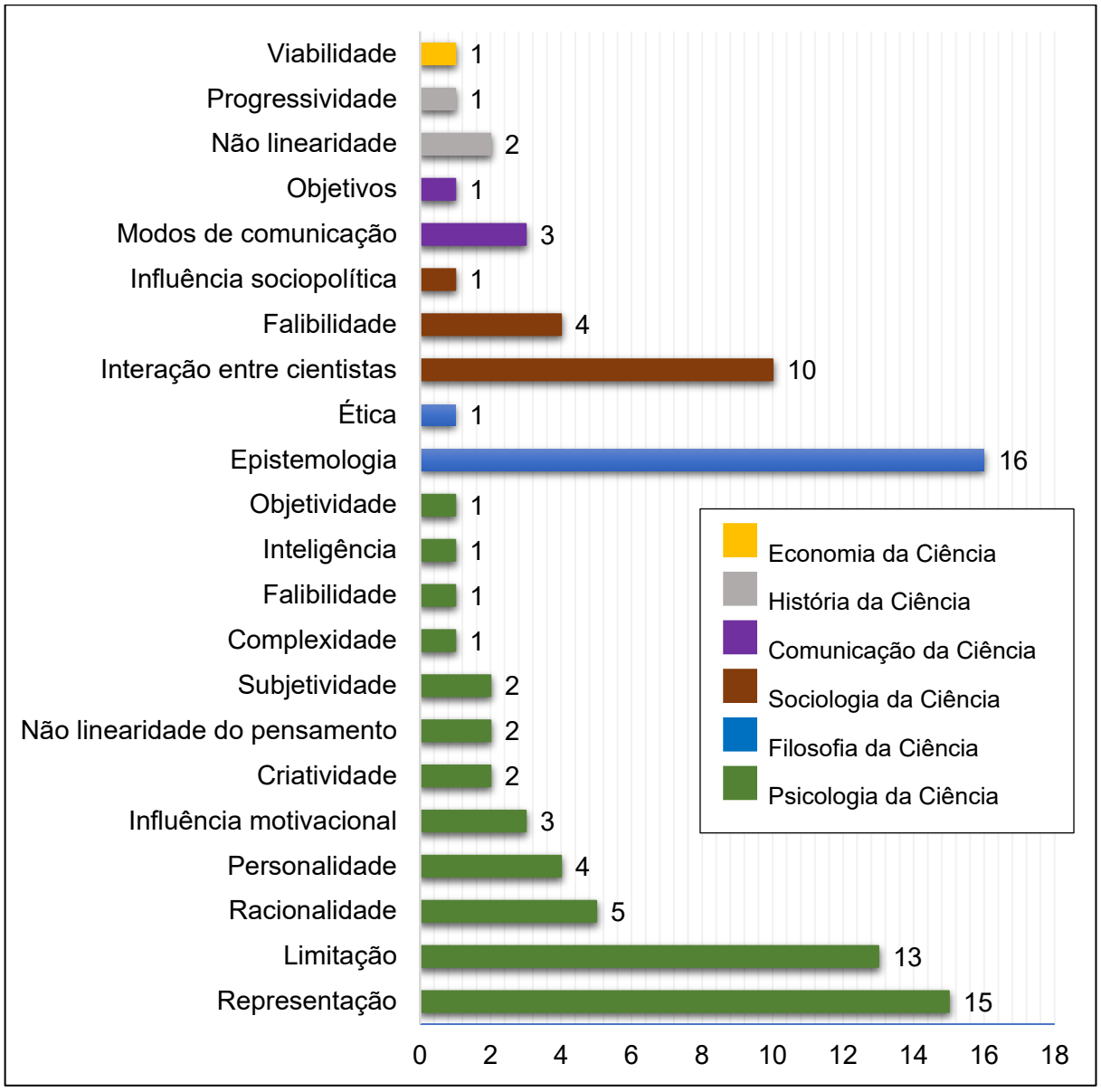
era verificar a necessidade de alterações e/ou modificações nos modelos para que eles se tornassem adequados aos objetivos que pretendiam explicar.

Essa complementaridade das questões QPM e QRM se reflete na abordagem das professoras, que estimulavam os estudantes a refletirem tanto sobre o processo de construção do modelo quanto sobre o próprio modelo em si. Durante as etapas de *teste* e *avaliação*, as professoras questionavam a eficácia e a precisão dos modelos construídos, promovendo ajustes e melhorias. Isso fomentava uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos subjacentes e desenvolvia habilidades de pensamento crítico e reflexivo nos estudantes.

Além disso, a elevada mobilização de questões do tipo QMT (25 manifestações) era uma recorrência esperada, dado que um dos objetivos centrais das professoras era compreender as visões dos estudantes quanto aos critérios e características que definem o funcionamento da Ciência, bem como do trabalho do cientista. Nesse quesito, as QMT se tornaram essenciais para que a vivência dos estudantes fosse um ponto determinante para que eles apresentassem aspectos de NdC coerentes com a prática científica. As QMT permitiram que os estudantes explorassem e articulassem suas compreensões sobre a NdC, promovendo uma integração mais profunda entre teoria e prática.

Em resumo, a mobilização diferenciada das questões ao longo das atividades de modelagem é coerente com os objetivos educacionais das professoras. As questões QCC e QCP, menos frequentes, são adequadas para contextos científicos específicos, enquanto as QPM, QRM, e QMT, mais recorrentes, são essenciais para promover a metacognição, a reflexão crítica sobre o processo de modelagem e os modelos construídos, e a compreensão dos critérios científicos. Essa abordagem integral contribuiu para um aprendizado mais profundo e significativo, preparando os estudantes para aplicarem esses conhecimentos em diferentes contextos e desafios científicos.

Gráfico 2 - Aspectos manifestados pelas questões das professoras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este segundo gráfico apresenta os diferentes aspectos de NdC que foram mobilizados pelas questões realizadas pelas professoras (QCC, QCP, QMT, QPM e QRM). A análise detalhada dos dados fornecidos pelo gráfico permite diversas observações sobre a dinâmica das atividades e a eficácia das intervenções das professoras.

A *epistemologia* foi o aspecto mais mobilizado, evidenciando que as professoras estavam fortemente focadas em explorar como os estudantes compreendem o conhecimento científico. A alta incidência de questões

epistemológicas sugere que as professoras incentivaram reflexões sobre a natureza do conhecimento, como ele é construído e validado. Este resultado é coerente com as premissas da própria pesquisa, uma vez que compreender os caminhos percorridos pelos estudantes na proposição de modelos é fundamental para entender como eles selecionam e justificam esses caminhos específicos na elaboração do conhecimento.

A *limitação* (13 manifestações) e a *representação* (15 manifestações) também são aspectos fortemente discutidos. As questões de limitação envolvem a discussão sobre as fronteiras do conhecimento científico e as restrições dos modelos científicos. Já as questões de representação referem-se a como os estudantes entendem e utilizam diferentes formas de representação de um determinado conhecimento. Além disso, são aspectos inerentes ao processo de modelagem, o que torna a influência das atividades um contexto significativo para que esses aspectos sejam os mais recorrentes.

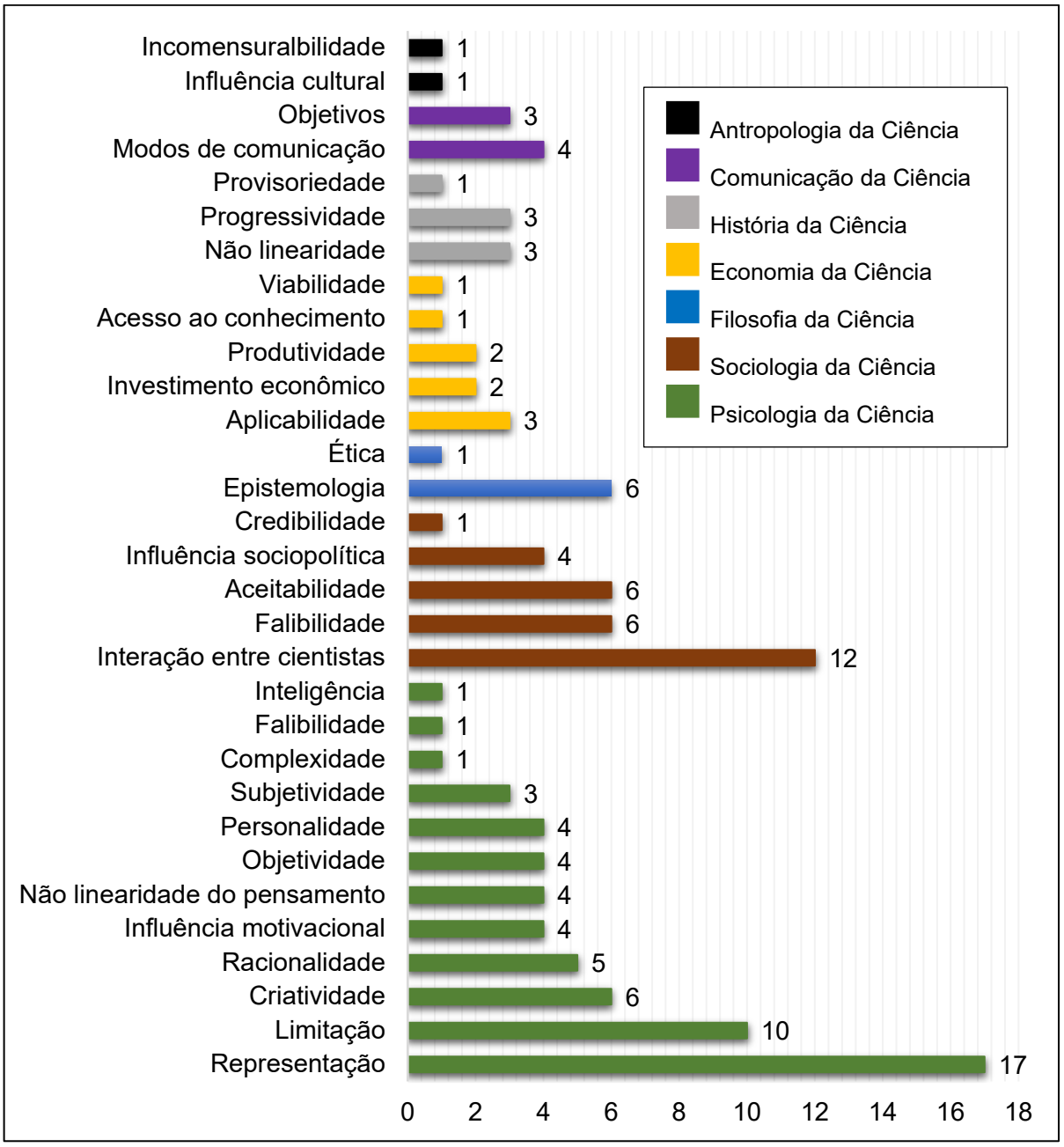
A *interação entre cientistas* (10 manifestações) refletiu a preocupação das professoras em destacar a importância da colaboração científica e do trabalho em equipe, um componente essencial da prática científica moderna. Todas as atividades de modelagem foram conduzidas em equipes, e muitas das questões que apresentavam esse aspecto direcionavam as influências que os grupos trouxeram para a proposição dos modelos discutidos nas atividades de modelagem.

Os demais aspectos, com menor frequência, se apresentaram em eventos diversificados, entretanto, mesmo com sua baixa frequência devemos considerar a importante mobilização que as professoras realizaram em prol de evidenciar características das demais áreas do conhecimento que são essenciais para uma compreensão holística da Ciência, como por exemplo, visões econômicas, históricas e comunicativas. Nesse sentido, tais mobilizações induziram positivamente a manifestações de outros aspectos dessas áreas pelos estudantes, mostrando a importância que as ações da professora tiveram ao longo das atividades.

Em suma, a análise deste gráfico revelou a ênfase das professoras em promover uma compreensão aprofundada da epistemologia, das limitações e das representações científicas, bem como em incentivar a colaboração entre os estudantes. Esses aspectos são fundamentais para o desenvolvimento de uma visão

crítica e integrada da ciência, refletindo as metas pedagógicas das atividades de modelagem conduzidas.

Gráfico 3 - Aspectos de NdC manifestados pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste terceiro gráfico, observamos como os estudantes manifestaram os aspectos de NdC. Um resultado interessante foi a aparição da área da Antropologia da Ciência, com os aspectos de *influência cultural* e *incomensurabilidade*. Embora esses aspectos apresentem uma baixa frequência, eles representam uma

característica positiva das ações das professoras sobre as visões dos estudantes a respeito da Ciência. Isso ocorreu porque esses aspectos refletem as características sociais associadas às ações humanas frente ao conhecimento científico. Por exemplo, os estudantes destacaram a importância da acessibilidade das máquinas de venda de refrigerantes, independentemente das limitações das pessoas, um ponto crucial que valorizou o modelo produzido e levou os grupos a um consenso.

Além desses, outros nove aspectos surgiram com frequências variadas pelos estudantes e não foram mobilizados pelas professoras em suas ações. Esses aspectos incluem: *aceitabilidade* e *credibilidade* da Sociologia da Ciência. Esses aspectos complementam ideias relacionadas à necessidade de conhecimentos prévios, formação específica sobre o que se deseja compreender ou construir, e a importância da validação e aceitação de um conhecimento produzido por outros cientistas.

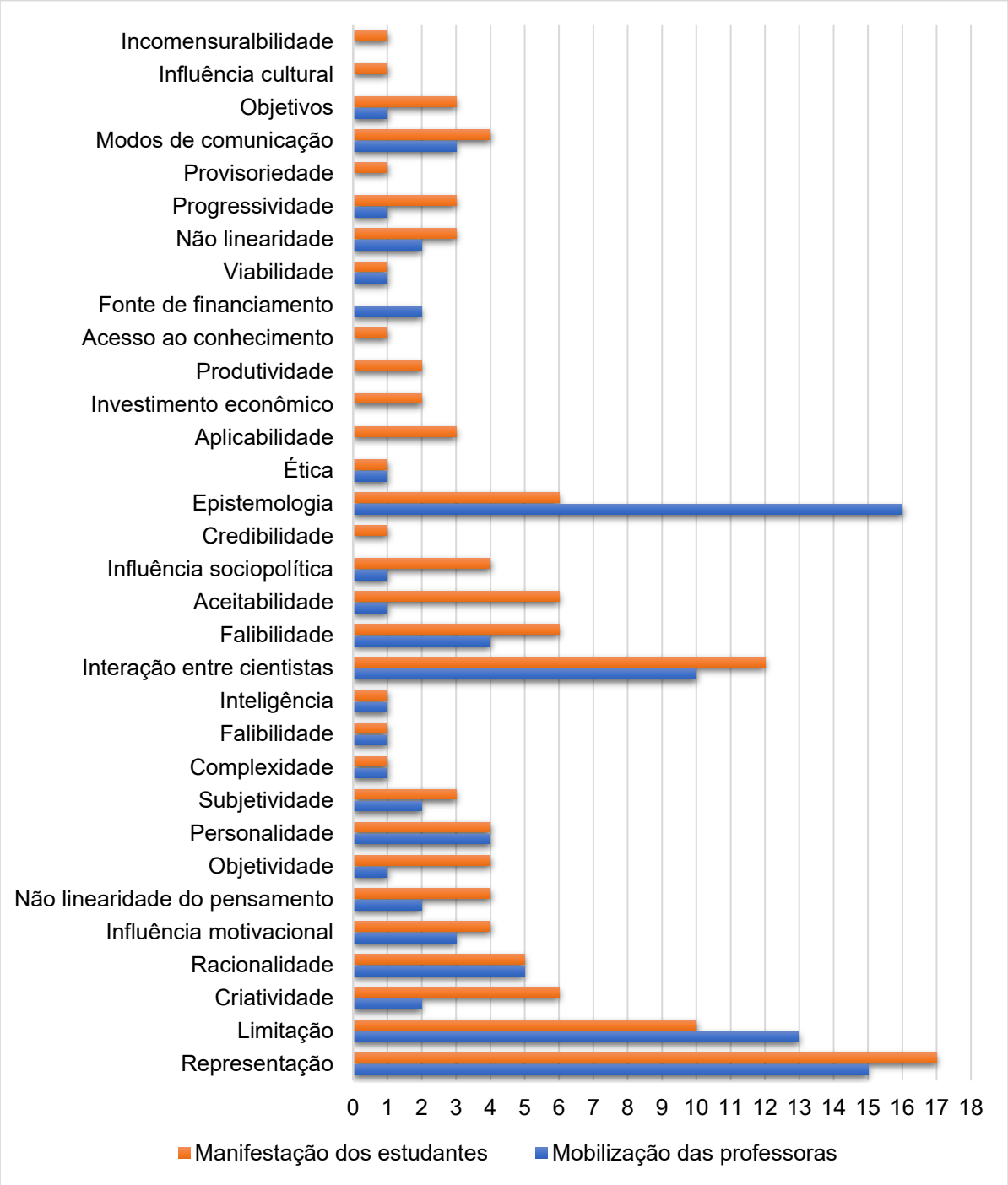
Já os aspectos *investimento econômico*, *produtividade*, *aplicabilidade* e *acesso ao conhecimento* da Economia da Ciência, surgiram nos eventos em que os estudantes buscaram explicar seus modelos, defendendo ideias de valor agregado para a produção e utilização do equipamento. Argumentaram que determinados modelos de máquinas seriam mais eficazes por necessitarem de menos equipamentos e, consequentemente, terem um valor mais baixo, influenciando a escolha de uma máquina em detrimento de outra. Para além dessas visões ao longo das atividades de modelagem, também discutiram sobre o papel da economia na influência positiva e/ou negativa para que cientistas possam desenvolver seus trabalhos.

No caso do aspecto *provisoriedade* da História da Ciência demonstrou que o conhecimento científico nunca parte do zero e pode ser provisório ao longo do tempo devido a novas demandas que podem inviabilizar o uso do conhecimento atual, necessitando sua adaptação. Isso reforça a ideia de que a Ciência é mutável e funciona com base nas demandas da sociedade e seus variados contextos.

A análise deste terceiro gráfico revela a complexidade e a diversidade das manifestações dos aspectos de NdC pelos estudantes. A inclusão de aspectos não diretamente mobilizados pelas professoras indica uma compreensão mais ampla e profunda dos estudantes sobre a Natureza da Ciência. As intervenções das professoras, embora direcionadas a certos aspectos, permitiram que os estudantes

explorassem e manifestassem uma variedade de outros aspectos, enriquecendo o entendimento coletivo sobre a prática científica. Isso também sugere que o ambiente de ensino e aprendizagem proporcionou espaço para que os estudantes conectassem seus conhecimentos prévios e contextuais às atividades de modelagem, resultando em uma abordagem integrada.

Gráfico 4 - Relações entre as intenções das professoras e a manifestação dos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este último gráfico nos permite compreender melhor a relação entre as ações das professoras e a manifestação dos aspectos de NdC pelos estudantes. Ele mostra a frequência com que os aspectos foram mobilizados pelas professoras e a frequência com que os estudantes manifestaram suas visões sobre esses aspectos. Observamos uma correspondência significativa entre o que as professoras instigaram e o que foi refletido nas falas dos grupos. No entanto, é importante notar que essas correlações não são necessariamente imediatas ou diretas, pois analisamos eventos de maneira geral e não um efeito de causa e consequência específico.

A equivalência elevada nos aspectos de *interação entre cientistas*, *representação*, *limitação* e *epistemologia* entre professoras e estudantes pode ser explicada pelo contexto das atividades. A execução em grupos incentivou discussões sobre o papel das relações sociais no trabalho científico. A *representação* e *limitação* foram diretamente influenciadas pelas etapas da modelagem, cujo objetivo central era desenvolver modelos. Portanto, diversos modos de representação surgiram, e pensar nos erros e melhorias foi algo constante. A *epistemologia* foi a base de todas as atividades, não apenas para entender como os estudantes visualizavam a Ciência antes e depois das atividades, mas para compreender os critérios que eles utilizavam na construção de suas ideias sobre a máquina de refrigerantes e como aplicavam essas escolhas na elaboração dos modelos. Assim, a *epistemologia* facilitou a ocorrência de outros aspectos, que direta ou indiretamente se relacionavam aos caminhos percorridos pelos estudantes.

Além dos principais aspectos discutidos, outros aspectos surgiram com uma frequência intermediária, correlacionando-se mutuamente entre a ação das professoras e a manifestação dos estudantes. Exemplos incluem a *falibilidade*, *racionalidade*, *personalidade* e *influência motivacional*. Esses aspectos também foram influenciados pelo contexto das atividades e pelas interações entre os participantes.

Em casos em que a manifestação dos estudantes superou a frequência mobilizada pelas professoras, foi observado que o próprio contexto das atividades evidenciava determinados aspectos de forma mais clara. A menor frequência de mobilização pelas professoras era esperada, pois em atividades de modelagem o objetivo é instigar maior engajamento dos estudantes. As questões das professoras serviram como orientação para esse movimento dos estudantes em relação a determinados aspectos.

Este gráfico reforça a importância das intervenções das professoras em estimular uma ampla gama de aspectos de NdC nos estudantes. A análise das frequências de manifestação e mobilização dos aspectos mostrou uma interação rica e dinâmica entre professores e alunos, contribuindo para uma compreensão profunda e integrada da prática científica. As atividades de modelagem se mostraram eficazes em promover reflexões críticas e abrangentes sobre a Ciência, demonstrando a importância de um ensino que valorize tanto a teoria quanto a prática colaborativa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, nossa pesquisa alcançou resultados significativos no âmbito de nosso estudo, uma vez que as discussões anteriores trouxeram contribuições relevantes para o contexto das aulas de Ciências/Química. A integração das atividades de modelagem em conjunto com o envolvimento das professoras resultou na manifestação de vários aspectos de NdC pelos estudantes. Nesse contexto, é essencial discutir as influências substanciais das etapas de modelagem na geração de questões específicas.

As questões que mencionamos incluíram também reflexões ao longo do processo, porque em determinadas situações, as professoras consolidavam ideias, formulavam hipóteses ou até mesmo orientavam os estudantes em direções que resultavam em perspectivas específicas *sobre* Ciências, baseadas em dados, informações e conhecimentos específicos. Essas ações das professoras nos permitiram identificar as principais concepções que os estudantes tinham sobre a prática científica, tais como: (i) como um cientista trabalha?; (ii) como é um cientista?; e (iii) quais são os passos necessários para produzir conhecimento científico?

Além das questões exemplificadas, outras surgiram ao longo do processo de construção do conhecimento dos estudantes, uma vez que a centralidade dessas ações se deu por meio das perguntas feitas a eles. Adicionalmente, as perguntas frequentemente estabeleceram conexões diretas com as atividades de modelagem, uma vez que essa estratégia foi fundamental para a construção epistêmica do conhecimento.

Essas perguntas, portanto, desempenharam um papel fundamental ao nos permitir identificar abordagens que facilitassem a valorização das ações das professoras na introdução de conhecimentos sobre NdC. Essa conclusão se encaixa no contexto de estratégias de ensino que buscam desenvolver perspectivas abrangentes *sobre* Ciências, como é o caso da modelagem. Não se trata apenas de internalizar o conhecimento subjacente a essas práticas científicas, mas também de compreender como essas perspectivas *sobre* Ciências são e podem ser alcançadas dentro da sala de aula.

Pensar somente no conhecimento das professoras não é suficiente; é igualmente importante considerar como elas o aplicaram e os métodos que empregaram para promover essa investigação no contexto da pesquisa. Esse foi o foco central de nosso trabalho, e nos concentramos principalmente nas contribuições dessas perguntas para o aprendizado dos estudantes – manifestações de conhecimentos de NdC.

A categorização das questões nos permitiu aprofundar nossa compreensão de como as intenções das professoras se manifestaram e quais bases os estudantes utilizaram para respondê-las. Dessa forma, tais categorizações possibilitaram uma análise abrangente e detalhada das interações que se desenvolveram entre professoras e alunos, nas discussões sobre NdC e EFM, bem como a vivência dele.

Durante a discussão dos resultados, uma compreensão abrangente de NdC foi possibilitada por QMT. Isso porque essas iniciações buscavam entender as opiniões dos estudantes sobre o funcionamento da Ciência, bem como as relações entre essas visões e os conhecimentos que os estudantes utilizaram para criar seus modelos. Além disso, exploravam os modos de expressão, os argumentos utilizados para defender suas hipóteses, os métodos de teste e a melhoria dos modelos, e as aplicações mais amplas dos modelos em diferentes situações.

Entretanto, deve-se reconhecer a relevância das demais questões, pois elas contribuíram na forma como analisamos todo o processo. Nesse caso, as questões QCP e QCC, eram originadas da própria fala dos estudantes, nas quais as professoras conduziam suas investigações relacionando a fala dos estudantes ao que se desejava compreender *sobre* Ciências, ou sobre o processo de elaboração de modelos. Nesse sentido, entender o contexto da mobilização da questão e da manifestação dos estudantes nos pareceu mais significativa do que apenas classificá-las rigidamente dentro de um modelo teórico. Essas questões contribuíram para instigar os estudantes a apresentarem suas visões com naturalidade e relacionando com suas próprias experiências contextuais.

Nesse contexto, a modelagem foi a principal influenciadora na mobilização dessas questões. As categorias dessas interrogações surgiam pelo tipo de atividade que estava sendo executada, a exemplo disso, podemos observar as ações das professoras durante a Atividade 2. Nesse momento as questões ligadas ao processo de modelagem tiveram o perfil da QRM, pois se concentraram na etapa de *teste* dos

modelos, ou seja, entender o que seria necessário modificar no modelo para que ele se adequasse as condições apresentadas.

Assim, cabe ressaltar essa característica, pois alguns trabalhos que discutiram as intenções como essenciais para prática docente trouxeram contribuições notáveis, que foram utilizadas e algumas delas adaptadas ao nosso contexto de pesquisa (Andrade; Mozzer, 2016; Oliveira, 2022; Tomasello, 2019). Portanto, acreditamos que este trabalho retoma essas discussões, reforçando a importância das questões na condução de atividades fundamentadas em modelagem e da contribuição que elas podem trazer na manifestação de aspectos de NdC.

Em uma oportunidade de diálogo com o pesquisador Oliveira, discutimos como o nosso trabalho teria contribuições relevantes para a área acadêmica por ampliar as discussões em uma perspectiva das ações das professoras, levando em conta os modos de fazer perguntas que explicam como as mobilizações de conhecimentos pedagógicos ocorreram em sala de aula. Isso porque trata-se de uma estratégia de envolvimento dos estudantes nas atividades de modelagem favorecendo com que eles tenham um papel mais ativo e criativo, na proposição de explicações e/ou soluções para os problemas investigados. Tais características são preconizadas pela ECFM (Oliveira, 2022). Assim, a natureza explícita da conexão entre essas três características, (i) conduções da professora; (ii) conhecimentos de NdC que foram introduzidos; e (iii) relações da modelagem com o desenvolvimento da Ciência, foram cruciais para esse trabalho.

A tese que defendemos, ancorada nos resultados desse trabalho, parte do princípio de que não é suficiente os professores terem um conhecimento notável sobre a elaboração de atividades fundamentadas em modelagem ou conhecimentos sobre NdC. É preciso atentar-se à importância que as intenções e as questões geradas pelos professores possuem na construção epistêmica do conhecimento científico pelos estudantes. Assim, a modelagem é capaz de fomentar o surgimento dessa visão epistêmica, uma vez que essa estratégia simula como um cientista trabalha na produção da Ciência (Gilbert; Justi, 2016; Maia; Justi, 2008b). Isto posto, devemos considerar a relevância que as questões representam para a manifestação de aspectos de NdC, que só surgiram a partir da mobilização das professoras ao longo da execução da estratégia de ensino. Portanto, em decorrência das contribuições significativas entre esses elementos relacionados neste trabalho, conseguimos

evidenciar a possibilidade de um caminho que consiga auxiliar em uma das questões mais debatidas do objeto de estudo deste trabalho: como introduzir conhecimentos *sobre* Ciências?

A essa questão, tão importante para o contexto real de sala de aula, traçamos por meio do nosso produto educacional sugestões que podem fortalecer a importância das questões na execução de estratégias de EFM, com o objetivo de ampliar as visões dos estudantes *sobre* Ciências. Além disso, essa pesquisa representa como essas questões se relacionam com o tipo de atividade e o tipo de situação em que as discussões estão sendo geradas.

Nossa análise à luz do MoCEC v.3 revelou sua relevância teórica e prática ao trazer subsídios importantes para tornar o processo de compreensão dos conhecimentos de NdC mais dinâmico, menos exaustivo e mais explícito. À medida que analisamos e discutimos os dados, nossas expectativas iniciais, conforme delineadas por Santos *et al.* (2020), Justi *et al.* (2021) e Santos (2023), foram confirmadas. O MoCEC v.3 desempenhou um papel fundamental em nossa orientação como pesquisadores, identificando áreas e aspectos de NdC. Além disso, destacamos como naturalmente percebemos a multiplicidade da Ciência. Esses pontos reforçam o valor do modelo na análise de dados, como demonstrado por Silva *et al.* (2022). É importante ressaltar que esse instrumento não é destinado a ser utilizado para ensinar os conhecimentos de NdC como um conteúdo curricular na educação básica, mas sim para facilitar o planejamento, execução e avaliação de abordagens que promovam a inserção de NdC, além de seu potencial como ferramenta analítica, em contextos de pesquisa.

A potencialidade do MoCEC v.3 como ferramenta analítica para essa pesquisa foi fundamental, pois favoreceu a implantação de um processo de triangulação entre os pares o mais fidedigno possível, visto que todas as áreas do conhecimento estão caracterizadas e bem definidas por seus respectivos aspectos. Além disso esse modelo atribuiu a nossa análise um: (i) papel didático para que possamos nos orientar na identificação das áreas e aspectos de NdC; (ii) na facilidade e acessibilidade em compreendermos sua natureza por estar representado visualmente mostrando as relações diretas entre as áreas do conhecimento; e (iii) a naturalidade com que percebemos a multiplicidade da Ciência e como ela é vista pelos estudantes a partir das ações docentes (Santos *et al.*, 2020).

Cabe ressaltar que o uso do MoCEC v.3 deve ser feito com as devidas ponderações, pois em determinadas condições de análise, tivemos a necessidade de adaptarmos a caracterização dos aspectos apresentada pelas autoras (Santos *et al.*, 2020), pois os eventos selecionados eram parcialmente explicados pelo modelo. Essa reflexão é importante, porque quando partimos do pressuposto que a vida humana e, portanto, do cientista, é muito mais complexa do que qualquer modelo seria capaz de sintetizar, percebemos que ao relacionarmos um evento da análise diretamente ao aspecto, nem sempre se percebia uma correspondência. Isso ficou evidenciado na aparição de mais de um aspecto no mesmo evento ou, como queremos enfatizar, em situações ligadas, por exemplo, à Psicologia da Ciência que foram parcialmente analisadas pelos aspectos disponíveis no modelo.

Um ponto que destacou nessa análise foi o surgimento de discussões que dizem respeito à caracterização de situações que envolvem a descoberta científica a partir de acidentes ou devido a imprevisibilidade das situações que o cientista pode sofrer durante o uso e/ou desenvolvimento do conhecimento científico. Desse modo, analisando outros trabalhos que reforçam essa visão, percebemos que sua natureza epistêmica é significativa, pois perpassa por todos critérios e etapas em comum de um processo científico pautado pelo contexto da justificação e da descoberta (Arabatzis, 2006; Raicik; Peduzzi, 2016).

Portanto, não estamos afirmando que haja problemas em sua utilização, mas sim a necessidade de um olhar cauteloso para os contextos em que o modelo é aplicado, pois nem sempre haverá uma correspondência direta entre a causa (intenção do professor) e a consequência (manifestações dos estudantes relacionadas à NdC).

A consideração que fazemos é de extrema importância, uma vez que a necessidade de um caminho para a introdução de conhecimentos de NdC tem sido objeto de discussão por vários pesquisadores da área (Allchin, 2011; Dagher; Erduran, 2016; Duschl; Grandy, 2013; Hodson, 2014b; Martins, 2015; Mendonça, 2020; Santos *et al.*, 2020; Schwartz *et al.*, 2008). Nessa perspectiva, argumentamos que as autoras abordam a complexidade da rotina da sala de aula, que envolve questões que vão além do mero ensino de conhecimentos científicos curriculares.

Apesar de reconhecermos as limitações inerentes a esta proposta, o MoCEC v.3 apresenta-se como uma ferramenta instrumental para os professores, fornecendo

o apoio necessário na estruturação de seus processos de ensino e aprendizagem. Esta abordagem permite adaptações a diferentes contextos educacionais, abrangendo não apenas o ensino, mas também a promoção da educação científica como um objetivo central. Ela contribui para o desenvolvimento da capacidade crítica dos estudantes e para uma visão mais holística do aprendizado em Ciências. A proposta se concentra não apenas em ensinar Ciências, mas também em aprender *sobre* Ciências, em desenvolver habilidades para realizar pesquisas científicas e em estabelecer relações entre a Ciência e questões sociocientíficas amplas (Hodson, 2014a).

Pela perspectiva da modelagem (Gilbert; Justi, 2016), é importante reconhecer que limitações podem ser comuns em modelos e podem surgir devido às necessidades específicas do contexto em que o modelo foi utilizado. No entanto, é fundamental ressaltar que essas limitações aparentes não devem impedir o uso do modelo. Em vez disso, elas destacam a adaptabilidade do modelo para diferentes contextos e a necessidade de considerar as particularidades de cada situação. O modelo, apesar de suas limitações, continua a oferecer valiosas contribuições tanto no âmbito acadêmico quanto no profissional da docência.

Nossa análise do uso da ECFM, a modelagem desempenhou um papel fundamental ao criar estímulos que permitiram que as questões fossem conduzidas com intenções explícitas para manifestar o conhecimento de NdC dos estudantes (Oliveira, 2022). Em várias situações, as etapas do processo direcionaram a discussão de aspectos específicos de NdC, como a *limitação* do modelo. Isso ocorreu sempre que os modelos desenvolvidos pelos grupos de estudantes demonstravam alguma incapacidade em explicação ou aplicação em contextos específicos. Como resultado, as professoras desempenharam um papel importante ao reforçar a necessidade de que os estudantes analisassem seus modelos e estabelecessem hipóteses fundamentadas em argumentos coerentes e concisos.

Observamos relações entre o aspecto da *racionalidade* manifestado em questões do tipo QMT ou QRM e situações em que os estudantes eram desafiados a explicar os caminhos escolhidos para determinar as competências do modelo em relação ao que era solicitado. Essas situações surgiam quando se buscava *expressar* ou *testar* os modelos. As QPM e QRM estavam relacionadas principalmente ao aspecto da *representação*, especialmente quando os estudantes eram solicitados a

discutir a importância das relações interpessoais no desenvolvimento científico. Essas relações eram influenciadas pelas etapas de *criação* e *expressão*. Além disso, a etapa de *avaliação* levantou questões variadas, incluindo QRM, QMT e QPM. Nesse contexto, os estudantes expressaram a *aceitabilidade* do modelo, considerando o objetivo mais amplo da atividade, que buscava inserir o modelo em um contexto além das etapas de *criação*, *expressão* e *teste*.

Considerar os modelos oriundos da modelagem como um artefato epistêmico é algo fundamental, principalmente para a investigação em práticas científicas e/ou em práticas epistêmicas (Gilbert; Justi, 2016). Desse modo, embasados nesse pressuposto teórico, conseguimos evidenciar essa capacidade que a ECFM possui. Nessa pesquisa percebemos que os estudantes conseguiram, a partir dos modelos, explicar e organizar observações, visualizar conceitos abstratos e fornecer estruturas para orientar determinadas investigações (Schwartz, 2019).

Além disso, os estudantes tiveram que aprimorar suas habilidades autônomas na proposição de caminhos que estruturassem o seu posicionamento como agentes legítimos de um processo simulado da Ciência. Essas características tornaram a dinâmica das atividades ainda mais relevantes para a manifestação de conhecimentos de NdC, uma vez que, ao aplicarem algumas das abordagens propostas por Gilbert e Justi (2016), como aprender a construir um novo modelo e, por conseguinte, revisá-lo e utilizá-lo, tornaram o contexto aberto à inserção desses conhecimentos pelas professoras. Isso ocorreu devido ao caminho epistêmico do conhecimento aplicado à modelagem, perpassando a (i) proposição de hipóteses sobre o funcionamento da máquina de vender refrigerantes; (ii) observações sistemáticas dos mecanismo ligados ao objeto a ser investigado; (iii) testes das hipóteses para a máquina; (iv) criação de modelos para o objeto de estudo; (v) explicação de como as ideias representadas no modelo se relacionavam ao funcionamento do equipamento; (vi) avaliação da sua utilidade e de seu poder preditivo; (vii) revisão dos modos de representação utilizados; e (viii) aplicação do modelo em situações mais abrangentes.

As questões também seguiram pela mesma lente epistêmica, pois a cada passo ou etapa consolidada pelos estudantes estava sendo orientada e avaliada processualmente pelas professoras. Esse processo ocorreu por meio das questões, que de forma consensual tinham o objetivo de averiguar como os estudantes integravam relações entre a construção de modelos e os processos da Ciência, bem

como as características que expressavam modos que influenciavam ou definiam a Ciência.

Outro ponto que valida a aplicabilidade do DMM na proposição dessas atividades de modelagem, foram as observações do Quadro 4. Nessa representação da análise, foi observado a dinâmica em que o processo de modelagem apresentou ao longo das atividades. Nelas, as etapas (criação, expressão, teste e avaliação) se predispunham em pares ou em conjunto, reafirmando uma das premissas desse referencial (Gilbert; Justi, 2016). Assim, conseguimos perceber como a construção dos modelos não é feita linearmente, mesmo que cada atividade tenha sua intencionalidade em exibir uma dessa etapas. Desse modo, defendemos o fato de que quanto maior a frequência dessas associações entre as etapas da modelagem, mais ricas são as mobilizações de questões pelas professoras e mais explícitas as manifestações dos estudantes quanto aos conhecimentos de NdC.

Diante de todas essas considerações, nos sentimos confiantes em afirmar que conseguimos responder à nossa QP: *Quais ações/interações empregadas por professoras de Química levam a manifestação de conhecimentos de Natureza da Ciência pelos estudantes em um contexto de ensino fundamentado em modelagem?*

Entretanto, como qualquer pesquisa, identificamos também algumas limitações. Uma delas foi a dificuldade em captarmos algumas observações que só podem ser obtidas durante a aplicação da pesquisa. Diante do contexto pandêmico em que esse trabalho foi desenvolvido, algumas evidências podem ter sido perdidas ou não identificadas. Além disso, o registro de dados de três grupos, com discussões apresentadas em um estudo de caso único, trouxe a repetição da narrativa e, consequentemente, da análise. Isso porque eventos vivenciados por um determinado grupo, mediante as questões das professoras, acabavam por se repetir, de forma muito semelhante, em cada um dos outros dois grupos (presentes no segundo encontro, no qual as pesquisadoras fizeram mais intervenções). Dessa forma, avalia-se que o estudo de caso único para os três grupos pode ter dificultado a narrativa desse trabalho e, consequentemente, pode ter prejudicado o trabalho dos leitores.

Isso posto, acreditamos que nosso trabalho permitiu dentro do contexto acadêmico para a área da Educação em Ciências contribuir com caminhos para a formação de professores, demonstrando por meio dos resultados aqui descritos a preocupação em valorizar as ações dos professores como sendo essenciais para um

ensino em Ciências que priorize o estabelecimento de relações do que se faz, como se faz e para quem se faz. Nesse último passo, deve-se levar em conta estratégias de ensino e objetivos que tornem os contextos de ensino mais dinâmicos e a inserção de conhecimentos sobre Ciências. Logo, através da ECFM, é possível consolidar um processo que valorize a criticidade e o desenvolvimentos da capacidade de tomar decisões conscientes e práticas quanto ao conhecimento que se deseja explicar e/ou construir.

No contexto profissional, acreditamos trazer contribuições relevantes, com caminhos reais e práticos. Professores de Química, mesmo sem ter um conhecimento teórico profundo sobre modelagem e/ou NdC, podem desenvolver em um contexto específico e planejado de suas aulas um processo que valorize a contextualização de temas reais e relevantes para o desenvolvimento e/ou uso de algum conhecimento científico curricular para aprimorar as visões dos estudantes sobre como o processo científico é desenvolvido. Essa contribuição está associada aos perfis das questões que classificamos nessa pesquisa, que podem direcionar o docente na obtenção de bons resultados de aprendizagem.

Retomando a frase apresentada no início da introdução desse trabalho, “A ciência é a chave que abre muitas portas, mas nunca desvenda completamente o mistério (Richard Feynman)”, esperamos que essa pesquisa tenha contribuído, mesmo que modestamente, para preencher uma pequena parte da lacuna entre a ação docente e a manifestação de aspectos de NdC na ECFM.

6.1. Desenvolvimento Pessoal e Reflexões

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, pude ser agraciado com diversas contribuições pessoais e mesmo reflexões que me fizeram refletir ainda mais quem eu fui, quem eu sou e quem eu serei a partir de todo esse percurso.

O que mais me atravessou nesta pesquisa foi perceber que todo o caminhar, da proposição de um projeto de pesquisa para ingressa no mestrado profissional até o momento da defesa da dissertação foi um percurso que envolveu um dos meus referenciais teóricos que foi a NdC, uma vez que a cada momento eu conseguia perceber como determinada aspecto de NdC se manifestava durante toda minha trajetória formativa, fazendo com que eu percebesse diversas características pessoais que antes eu não conseguia compreender. Além disso, discutir sobre Ciência,

entender como ela se estabelece foi algo que afetou minha percepção de como a minha vida e o que me tornei se estabeleceu. Digo isso porque cada aspecto da NdC era um reflexo não apenas de um modelo escrito e defendido por vários pesquisadores, mas era algo que fazia muito sentido pelas crenças, ações e percepções que eu adquiri nesse tempo.

A modelagem esteve presente ao longo deste caminho, mostrando que estaremos sempre em constante mudança. Essas mudanças, mesmo não sendo as que sonhamos ou para as quais nos dedicamos, tornam-se essenciais de algum modo. Concluir este mestrado foi a realização de um sonho, embora diferente do que foi planejado, pois muitas adaptações foram necessárias devido a contextos e situações imprevistas. Passar por testes e provações foi inerente a este processo de me tornar pesquisador, ao dialogar com diferentes mentes e personalidades que nem sempre compartilham os mesmos ideais ou objetivos. No entanto, isso foi crucial para meu crescimento pessoal e na maneira de lidar com todas as diferenças.

Criar e expressar não apenas ideias, mas também sentimentos, foi um desafio para mim, pois tenho a tendência de seguir de forma independente. Este processo me mostrou que não precisamos enfrentar tudo sozinhos, e que é importante expressar claramente nossos sentimentos e pedir ajuda quando necessário.

Por fim, toda a pesquisa me fez avaliar tudo o que desenvolvi até aqui, trazendo não apenas visões positivas, mas também reflexões sobre meu potencial e minhas escolhas. Acredito que isso seja normal e necessário para ponderar sobre nossos sonhos e crenças.

Acabei me tornando um modelo da vida que busco alcançar. Percebi que, apesar do meu perfeccionismo e da necessidade de caminhar sozinho, sempre serei limitado e precisarei de ajuda, apoio e um ombro amigo. No entanto, apresentarei muitas abrangências, pois me dediquei intensamente a este processo, aprendi muito e surgiram novas ideias para futuros empreendimentos na pesquisa, na educação e na vida.

Enquanto professor, esta pesquisa me fez refletir sobre como somos importantes, mas ao mesmo tempo muitas vezes nos sentimos impotentes para promover mudanças significativas na educação. Infelizmente, ao analisar os diversos contextos escolares no Brasil, percebemos uma crescente distância e discrepância

entre o tempo necessário para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem, o papel do currículo e a ampla variedade de necessidades dos nossos estudantes em sala de aula. Esses desafios são intensificados por inúmeras influências, tornando nosso trabalho um verdadeiro campo minado. Contudo, mesmo diante desses desafios, as pequenas diferenças que promovemos têm o poder de alterar vidas. Essas transformações não apenas impactam individualmente, mas também contribuem para a promoção da liberdade, criatividade e criticidade na sociedade, elementos tão necessários atualmente.

Portanto, ao analisar minha trajetória anterior a esta pesquisa, percebo mudanças conceituais significativas em minha prática docente. O conhecimento de conteúdo não é mais o único critério que busco enfatizar em um processo formativo e profissional; agora, há também uma necessidade urgente de observar cuidadosamente as interações e ações que ocorrem em sala de aula, que vão além das perspectivas curriculares. Engajar e estimular o envolvimento dos estudantes tornou-se primordial em minhas aulas. Isso era algo que, apesar de eu ter consciência, não percebia com tanta importância até o desenvolvimento deste trabalho. Consequentemente, essas mudanças foram incorporadas em nosso produto educacional com o objetivo de valorizar as interações e ações que o professor deve liderar.

Isto posto, concluo que é essencial continuar meus estudos e buscar formas de aprimorar um processo formativo no qual eu possa guiar essas reflexões para mais professores de Ciências. Destacar a importância das práticas científicas e epistêmicas na formação desses profissionais docentes não apenas enriquece a educação, mas também contribui para um ensino mais eficaz e significativo. Assim, pretendo contribuir ativamente para a melhoria contínua da Educação em Ciências, promovendo um ambiente em que o desenvolvimento pessoal e profissional dos educadores seja valorizado e incentivado.

7. REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. Scientific myth-conceptions. **Science Education**, 87, n. 3, p. 329-351, 2003. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.10055.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, 95, n. 3, p. 518-542, 2011. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.20432.

ALLCHIN, D. The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. **Science & Education**, 21, n. 9, p. 1263-1281, 2012/09/01, 2012a. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-011-9368-x.

ALLCHIN, D. Toward clarity on Whole Science and KNOWS. **Science Education**, 96, n. 4, p. 693-700, 2012b. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21017.

ALLCHIN, D. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science & Education**, 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014/09/01, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-013-9672-8.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, 98, n. 3, p. 461-486, 2014. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21111.

ANDRADE, G. M. d. P. C.; MOZZER, N. B. Análise dos Questionamentos do Professor em Atividades Fundamentadas em Modelagem Analógica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 16, n. 3, p. 825-850, 12/15, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4498.

ARABATZIS, T. On the Inextricability of the Context of Discovery and the Context of Justification. *In*: SCHICKORE, J. e STEINLE, F. (Ed.). **Revisiting Discovery and Justification: Historical and philosophical perspectives on the context distinction**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 215-230. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4251-5_13.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Decisões envolvidas na elaboração e validação de um questionário contextualizado sobre concepções de natureza da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, 22, n. 2, p. 57, 2017a. DOI: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p57.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 17, n. 2, 08/31, 2017b. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579.

BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N. *et al.* O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, 30, n. 1, p. 187-199, 2008. DOI: https://doi.org/10.15210/caduc.v0i30.1770.

BLIKSTAD-BALAS, M. Key challenges of using video when investigating social practices in education: contextualization, magnification, and representation. **International Journal of Research & Method in Education**, 40, n. 5, p. 511-523, 2017/10/20, 2016. DOI: https://doi.org/10.1080/1743727X.2016.1181162.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto editora, 1994. 328 p. (Colecção Ciências da Educação).

BÖSCHL, F.; FORBES, C.; LANGE-SCHUBERT, K. Investigating scientific modeling practices in U.S. and German elementary science classrooms: A comparative, cross-national video study. **Science Education**, 107, n. 2, p. 368-400, 2023/03/01, 2023. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21780.

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. **Filosofia e História da Biologia**, 4, n. 1, p. 43-63, 2009. Disponível em: https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-02-Gilberto-Brandao-Louise-Ferreira.pdf.

CAKICI, Y.; BAYIR, E. Developing Children's Views of the Nature of Science Through Role Play. **International Journal of Science Education**, 34, n. 7, p. 1075-1091, 2012/05/01, 2012. DOI: https://doi.org/10.1080/09500693.2011.647109.

CALIXTO, C. M. F.; CAVALHEIRO, É. T. G. Penicilina: efeito do acaso e momento histórico no desenvolvimento científico. **Química Nova na escola**, 34, n. 3, p. 118-123, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/03-QS-92-11.pdf.

CAMPBELL, T.; MCKENNA, T. J.; AN, J. *et al.* A Responsive Methodological Construct for Supporting Learners' Developing Modeling Competence in Modeling-Based Learning Environments. *In*: UPMEIER ZU BELZEN, A.;KRÜGER, D.*, et al* (Ed.). **Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science**

Education. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 201-218. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_12.

CAPPS, D. K.; CRAWFORD, B. A. Inquiry-Based Professional Development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science? **International Journal of Science Education**, 35, n. 12, p. 1947-1978, 2013/08/01, 2013. DOI: https://doi.org/10.1080/09500693.2012.760209.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.

CLEMENT, J. J. Multiple Levels of Heuristic Reasoning Processes in Scientific Model Construction. **Frontiers in Psychology**, 13, 2022-May-10, 2022. Hypothesis and Theory. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.750713.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 8ª ed. Routledge, 2018. Disponível em: https://www.routledge.com/Research-Methods-in-Education/Cohen-Manion-Morrison/p/book/9781138209886.

COUNCIL, N. R. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, DC: The National Academies Press, 2012. 400 p. DOI: https://doi.org/10.17226/13165

DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, 25, n. 1, p. 147-164, 2016/03/01, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8.

DAVIS, E. A.; NELSON, M.; HUG, B. *et al.* Preservice teachers and scientific modeling: Synthesizing results of a multi-year, multi-site project. *In*: Paper presented at the Conference of the Association for Science Teacher Education, 2010, Sacramento.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. **Science & Education**, 22, n. 9, p. 2109-2139, 2013/09/01, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4.

FERREIRA, A. B. d. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3 ed. Curitiba: Positivo, 2004. 2120 p.

FERREIRA, M. V. C.; PAES, V. R.; LICHTENSTEIN, A. Penicilina: oitenta anos. **Revista de Medicina**, 87, n. 4, p. 272-276, 2008. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revistadc/article/download/59091/62077.

FIGUEIRÊDO, K. L.; JUSTI, R. Uma Proposta de Formação Continuada de Professores de Ciências buscando Inovação, Autonomia e Colaboração a partir de Referenciais Integrados. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 11, n. 1, 11/28, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4128.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008. 220 p.

GILBERT, J.; BOULTER, C. Models and modelling in science education. **Hatfield, Herts: Association for Science Education**, 1993.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. 1 ed. Springer International Publishing, 2016. (Models and Modelling in Science Education. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

GÖHNER, M.; KRELL, M. Preservice Science Teachers' Strategies in Scientific Reasoning: the Case of Modeling. **Research in Science Education**, 52, n. 2, p. 395-414, 2022/04/01, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11165-020-09945-7.

GONZALEZ, L.; BROWN, M. S.; SLATE, J. R. Teachers Who Left the Teaching Profession: A Qualitative Understanding. **The Qualitative Report**, 13, n. 1, p. 1-11, 2008. DOI: https://doi.org/10.46743/2160-3715/2008.1601.

HAMMERSLEY, M. **What Is Qualitative Research?** 1 ed. London: Bloomsbury Publishing, 2013. (The 'What is?' Research Methods Series. Disponível em: https://www.bloomsbury.com/uk/what-is-qualitative-research-9781849666060.

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014/10/13, 2014a. DOI: https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722.

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. *In*: M., M. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014b. p. 911-970. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_28.

HÖTTECKE, D.; ALLCHIN, D. Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. **Science Education**, 104, n. 4, p. 641-666, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21575.

IBRAIM, S. d. S.; JUSTI, R. Ações Docentes Favoráveis ao Ensino Envolvendo Argumentação: Estudo da Ptática de uma Professora de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, 23, n. 2, p. 311-330, 08/30, 2018. DOI: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p311.

IDOETA, P. A. O que é avaliado na prova do Pisa, exame de educação no qual o Brasil tem dificuldade em avançar. **BBC News Brasil**, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50606793.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, 20, n. 7, p. 591-607, 2011/07/01, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4.

IRZIK, G.; NOLA, R. New Directions for Nature of Science Research. *In*: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 999-1021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. *In*: TABER, K. S. e AKPAN, B. (Ed.). **Science Education: An International Course Companion**. Rotterdam: SensePublishers, 2017. p. 69-80. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5.

JOHNSTONE, A. H. Multiple representations in chemical education. **International Journal of Science Education**, v.31, n. 16, p. 2271-2273, DOI: https://doi.org/10.1080/09500690903211393.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, 87, n. 1, p. 22-29, 2010/01/01, 2010. DOI: https://doi.org/10.1021/ed800026d.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, 24, n. 2, p. 173-184, 2006. Disponível em: https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/75824.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers. *In*: Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group, 2015, Rio de Janeiro, Brazil.

JUSTI, R.; SANTOS, M.; ELYSEU, G. Relating Science Communication to Nature of Science. *In*: 14th Conference of the European Science Education Research Association, 2021, Braga, Portugal.

JUSTI, R.; VAN DRIEL, J. The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. **International Journal of Science Education**, 27, n. 5, p. 549-573, 2005/01/01, 2005. DOI: https://doi.org/10.1080/0950069042000323773.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, 24, n. 4, p. 369-387, 2002/04/01, 2002. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690110110142.

JUSTI, S.; MAIA, P. Metacognição em modelagem desenvolvendo conhecimentos sobre Ciência. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 0534-0538, 2009. Disponível em: https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/293591/382117.

KAWALKAR, A.; VIJAPURKAR, J. Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. **International Journal of Science Education**, 35, n. 12, p. 2004-2027, 2013/08/01, 2013. DOI: https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684.

KHISHFE, R. Improving Students' Conceptions of Nature of Science: A Review of the Literature. **Science & Education**, 2022/09/23, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução BOEIRA, B. V. e BOEIRA, N. 12 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

KUNUUTTILA, T. **Models as Epistemic Artefacts: Toward a non-representationalist acoount of science representation**. Finlândia: Department of philosophy, 2005. 78 p. (Philosophical Studies form the University of Hensinki 8. Disponível em: https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/f2bdb11c-a704-436e-b679-29b6e756ca6b/content.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L. *et al.* Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, 39, n. 6, p. 497-521, 2002. DOI: https://doi.org/10.1002/tea.10034.

MAIA, P.; JUSTI, R.; SANTOS, M. Aspects About Science in the Context of Production and Communication of Knowledge of COVID-19. **Science & Education**, 30, n. 5, p. 1075-1098, 2021/10/01, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-021-00229-8.

MAIA, P. F. **Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2009. 239 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FAEC-87CP36.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de habilidades no ensino de ciências e o processo de avaliação: análise da coerência. **Ciência & Educação (Bauru)**, 14, n. 3, 2008a. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000300005.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Modelagem e o "fazer ciência". **Química nova na escola**, 28, p. 32-36, 2008b. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de habilidades em atividades de modelagem. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 775-778, 2009a. Disponível em: https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/293839.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. **International Journal of Science Education**, 31, n. 5, p. 603-630, 2009/03/15, 2009b. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690802538045.

MARTINS, A. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 32, p. 703, 05/12, 2015. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). *In*: M., K. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Springer, Dordrecht, 2012. p. 3-26. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, 17, n. 2, p. 249-263, 2008/02/01, 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y.

MEC. PCN+ do Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. EDUCAÇÃO, M. d. Brasília: MEC. 2**:** 141 p.

2002. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/pcn/CienciasNatureza.pdf

MEC. Base Nacional Comum Curricular. EDUCAÇÃO, M. d. Brasília: MEC**:** 600 p. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase

MEHAN, H. **Learning Lessons: Social Organization in the Classroom**. Cambridge, MA and London, England: Harvard University Press, 1979. (Learning Lessons. DOI: https://doi.org/10.4159/harvard.9780674420106

MELO, M. S. d.; SILVA, R. R. d. OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, 9, p. 301-330, 2019. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-94602019000500301&nrm=iso.

MENDONÇA, P. C. C. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – Parte I. **Educación Química**, 20, p. 282-293, 2009. 10.1016/S0187-893X(18)30065-X. DOI: https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30065-X.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação (Bauru)**, 26, p. 16, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1516-731320200003.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – Parte II. **Educación Química**, 20, n. 3, p. 373-382, 2009/07/01/, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30039-9.

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência Pelas Lentes do Currículo: Normatividade Curricular, Contextualização e os Sentidos de Ensinar sobre Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 22, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21172020210114.

MOZZER, N. B. **O Entendimento Conceitual do Processo de Dissolução a partir da Elaboração de Modelos e sob a Perspectiva da Teoria de Campos Conceituais**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2013. 263 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9FUG8A.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. d. S. Modelagem Analógica no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, 23, n. 1, p. 155-182, 04/30, 2018. DOI: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p155.

NCE. National Curriculum in England: Science Programmes of Study. EDUCATION, U. K. D. f. London: Crown Publishing London 2014. Disponível em: https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study

NIELSEN, K. H. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science & Education**, 22, n. 9, p. 2067-2086, 2013/09/01, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-012-9475-3.

OLIVEIRA, L. A. d. **Conhecimentos profissionais docentes manifestados em contextos de educação científica fundamentada em modelagem: estudo de caso da prática de uma professora formadora da área de educação química**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2022. 369 f. (Doutor) - Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/43800.

OLIVEIRA, W. C. d. **Ensinando sobre a natureza da ciência: uma abordagem explícita e contextualizada a partir da história do vácuo**. 2013. - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/16101.

OSBORNE, J. Science teaching methods: A rationale for practices. **School Science Review**, 93, n. 343, p. 93-103, 01/01, 2011. Disponível em: https://www.ase.org.uk/resources/school-science-review/issue-343/science-teaching-methods-rationale-practices.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, 33, 2003. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J. H. *et al.* Selection of Authentic Modelling Practices as Contexts for Chemistry Education. **International Journal of Science Education**, 30, n. 14, p. 1867-1890, 2008/11/17, 2008. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690701581823.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. d. Q. A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, 9, n. 2, p. 149-176, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p149.

ROMANELLI, L.; DAVID, M.; LIMA, M. *et al.* Proposta curricular, conteúdo básico comum de química, ensino médio. **Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais**, 2007. Disponível em: https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/cbc.

ROST, M.; KNUUTTILA, T. Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning in Science Education Research. **Education Sciences**, v.12, n. 4, DOI: https://doi.org/10.3390/educsci12040276.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 18, n. 2, 08/31, 2018. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018182641.

SANTOS, M.; MAIA, P. F.; 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**, 20, n. u, 07/15, 2020. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u581616.

SANTOS, M. A. R. **Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2019. 263 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/BUOS-BBLJX2.

SANTOS, M. A. R. **Conhecimentos de natureza da ciência mobilizados e relacionados a outros conhecimentos por um futuro professor de Química em situações de ensino autênticas**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2023. 302 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/54645.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 17, p. 49-67, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246.

SCHRIEBL, D.; MÜLLER, A.; ROBIN, N. Modelling Authenticity in Science Education. **Science & Education**, 32, n. 4, p. 1021-1048, 2023/08/01, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-022-00355-x.

SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N.; LEDERMAN, J. An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. *In*: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, 2008, Baltimore, MD. 01/01. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251538349_An_Instrument_To_Assess_Views_Of_Scientific_Inquiry_The_VOSI_Questionnaire.

SCHWARTZ, R. S. Modeling Competence in the Light of Nature of Science. *In*: UPMEIER ZU BELZEN, A.;KRÜGER, D.*, et al* (Ed.). **Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 59-77. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_4.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F. A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing nature of science understandings. **Science Education**, 96, n. 4, p. 685-692, 2012. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21013.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; CRAWFORD, B. A. Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**, 88, n. 4, p. 610-645, 2004. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.10128.

SCHWARZ, C. V.; WHITE, B. Y. Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. **Cognition and instruction**, 23, n. 2, p. 165-205, 2005. DOI: https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1.

SILVA, W. V. M. **A construção de significados para o fenômeno da dissolução: a modelagem vinculada ao uso de mapas conceituais para fundamentar uma aprendizagem significativa**. Orientador: MAIA, P. F. e TRISTÃO, J. C. 2018. Monografia - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Florestal.

SILVA, W. V. M.; MAIA, P. F. A Construção de Significados para o Fenômeno da Dissolução Fundamentado pela Modelagem. *In*: 2º Encontro de Ensino de Ciências por Investigação, 2020, UFMG - Belo Horizonte. p. 6. DOI: https://doi.org/10.29327/125492.1-5.

SILVA, W. V. M.; SILVA, E. C. d.; MAIA, P. F. *et al.* Análise de aspectos de natureza da ciência na minissérie Chernobyl e considerações sobre o uso da minissérie no ensino de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, 15, n. 2, p. 541-569, 2022. DOI: https://doi.org/10.53727/rbhc.v15i2.774.

SOUZA, C. B. S. d.; SANTANA, U. d. S.; MOURA, A. R. M. *et al.* Natureza da Ciência na Educação Básica: Uma Análise de Documentos Oficiais. **Revista Prática Docente**, 8, n. 1, p. e23009, 02/12, 2023. DOI: https://doi.org/10.23926/RPD.2023.v8.n1.e23009.id1676.

SOUZA, V. C. d. A.; JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 10, n. 2, 02/05, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3978.

TABER, K. S. The Nature of Student Conceptions in Science. *In*: TABER, K. S. e AKPAN, B. (Ed.). **Science Education: An International Course Companion**. Rotterdam: SensePublishers, 2017. p. 119-131. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_9.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 17 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2014. 326 p.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência & Educação (Bauru)**, 19, p. 795-809, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132013000400002

TOMASELLO, M. **Origens Culturuais da Aquisição do Conhecimento Humano**. Tradução BERLINER, C. 2 ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2019. 344 p.

TRACY, S. J. Qualitative Quality: Eight “Big-Tent” Criteria for Excellent Qualitative Research. **Qualitative Inquiry**, 16, n. 10, p. 837-851, 2010. DOI: https://doi.org/10.1177/1077800410383121.

WELLS, M.; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A modeling method for high school physics instruction. **American Journal of Physics**, 63, n. 7, p. 606-619, 1995. DOI: https://doi.org/10.1119/1.17849.

WHITE, B. Y.; FREDERIKSEN, J. R. Metacognitive facilitation: An approach to making scientific inquiry accessible to all. *In*: MINSTRELL, J. e VAN ZEE, E. (Ed.). **Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science**. Washington DC:

American Association for the Advancement os Science, 2000. p. 331-370. Disponível em: https://thinkertools.org/Pages/paper.html.

WINKELMANN, J. On Idealizations and Models in Science Education. **Science & Education**, 32, n. 1, p. 277-295, 2023/02/01, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11191-021-00291-2.

YIN, R. K. Case Study Methods. *In*: GREEN, J. L.;CAMILLI, G.*, et al* (Ed.). **Handbook of Complementary Methods in Education Research**

3ed. Washington, D. C.: Routledge, 2006. cap. 896, p. 111-122. DOI: https://doi.org/10.4324/9780203874769.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso, 2016. (Métodos de Pesquisa).

YIN, R. K. **Case study research and applications: design and methods**. 6 ed. Los Angeles: SAGE, 2018. 414 p.

APÊNDICE A – CÓDIGOS EMPREGADOS PARA OS ASPECTOS DE NDC

Área do Conhecimento	Código atribuído ao aspecto de NdC	Nome do aspecto de NdC
Filosofia da Ciência	NdC^{1}	Epistemologia
	NdC^{2}	Ética
	NdC^{3}	Lógica
Psicologia da Ciência	NdC^{4}	Complexidade
	NdC^{5}	Criatividade
	NdC^{6}	Falibilidade
	NdC^{7}	Incerteza
	NdC^{8}	Influência motivacional
	NdC^{9}	Inteligência
	NdC^{10}	Limitação
	NdC^{11}	Não linearidade do pensamento
	NdC^{12}	Objetividade
	NdC^{13}	Personalidade
	NdC^{14}	Racionalidade
	NdC^{15}	Representação
	NdC^{16}	Subjetividade
Antropologia da Ciência	NdC^{17}	Incomensurabilidade
	NdC^{18}	Influência cultural
Sociologia da Ciência	NdC^{19}	Aceitabilidade
	NdC^{20}	Credibilidade
	NdC^{21}	Falibilidade
	NdC^{22}	Incerteza
	NdC^{23}	Influência sociopolítica

	NdC[24]	Interação entre cientistas
Economia da Ciência	NdC[25]	Acesso ao conhecimento
	NdC[26]	Aplicabilidade
	NdC[27]	Competitividade
	NdC[28]	Fonte de financiamento
	NdC[29]	Investimento econômico
	NdC[30]	Produtividade
	NdC[31]	Publicidade
	NdC[32]	Viabilidade
História da Ciência	NdC[33]	Influência histórica
	NdC[34]	Multiplicidade
	NdC[35]	Não linearidade
	NdC[36]	Progressividade
	NdC[37]	Provisoriedade
Comunicação da Ciência	NdC[38]	Objetivos
	NdC[39]	Papéis
	NdC[40]	Modos de comunicação
	NdC[41]	Tipos de fontes
	NdC[42]	Garantia de confiabilidade

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

2023

Explorando o Universo da Ciência: Modelagem e a Natureza dos Saberes Científicos

NOS MODELANDO
GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Waldemar Victor Martins Silva
Poliana Flávia Maia

22/11/2023

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....224

1.1 Construindo o Saber: Modelagem na Educação em Ciências.....225

1.2 Desvendando a Natureza da Ciência Através da Modelagem: Uma Jornada de Exploração e Descoberta 227

1.3 Conduzindo a Aprendizagem: Ações dos Professores em Sintonia com a Natureza da Ciência e a Modelagem 230

1.4 Avisos e Recomendações 232

2. PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE: COMPREENSÃO DO PROCESSO DE DISSOLUÇÃO 234

3. PRIMEIRO MOMENTO: MOBILIZANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE DISSOLUÇÃO.....237

3.1 Introdução aos MC.....237

3.2 Questionamentos sobre o assunto 237

3.3 Os objetivos e usos dos MC 238

3.4 Construindo um MC 239

3.5 Organização das ideias apresentadas 241

3.6 O que é preciso para construir um MC.....241

3.7 Construção do MC inicial 241

3.8 Discussão e considerações finais.....241

4. SEGUNDO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *CRIAÇÃO* E *EXPRESSÃO* 242

Mentalização 1 242

Roteiro A: Sistema água e óleo + Sistema água e álcool 242

Experimentação 1 244

Roteiro Parte B: Sistema água e óleo + Sistema água e álcool 244

5. TERCEIRO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *TESTE*.....249

Mentalização 2 249

Roteiro Parte A – SISTEMA 1: Água + $I_{2(s)}$ / SISTEMA 2: Sistema 1 + Hexano.249

Experimentação 2.....252

Roteiro Parte B – SISTEMA 1: Água + $I_{2(s)}$ / SISTEMA 2: Sistema 1 + Hexano.252

6. QUARTO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *AVALIAÇÃO*.....255

7. IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA.....258

7.1. Descobrindo Inspirações: Sugestões de Temas para Atividades de Modelagem na Educação em Ciências.....259

8. REFERÊNCIAS.....261

1. APRESENTAÇÃO

No mundo em constante evolução em que vivemos, a educação desempenha um papel crucial na capacitação e no desenvolvimento pessoal e profissional. À medida que avançamos no século 21, a demanda por soluções educacionais inovadoras e eficazes nunca foi tão alta. É com grande satisfação que apresentamos nosso mais recente produto educacional, que foi projetado cuidadosamente para atender a essa necessidade crescente. Esse material foi originado a partir da dissertação de mestrado produzida ao longo dos anos de 2020 a 2023 por meio do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFV. O autor dessa proposta é Waldemar Victor Martins Silva sendo orientado pela professora e pesquisadora Dra. Poliana Flávia Maia.

Este produto representa o compromisso de nossa equipe com a excelência na educação e o desejo de capacitar professores de todas as idades para alcançar seu potencial máximo. Com uma abordagem centrada no aluno e no aprendizado personalizado, nosso produto oferece uma experiência educacional única e enriquecedora.

Seja você um estudante dos cursos de licenciatura em Química ávido em busca de novos conhecimentos, um profissional em busca de aprimoramento de habilidades, ou um educador empenhado em oferecer o melhor para seus alunos, nosso produto educacional é uma ferramenta que você precisa para alcançar seus objetivos. Estamos ansiosos para apresentar todos os recursos e benefícios que nosso produto oferece, que certamente transformarão a maneira como você aprende e ensina. Junte-se a nós nesta emocionante jornada de aprendizado e descoberta.

Nessa proposta discutiremos caminhos para que professores de Química possam trabalhar o tema “soluções” em sala de aula. Tais caminhos estarão centrados em uma abordagem investigativa que priorize o desenvolvimento de visões mais amplas sobre Ciência.

Em um panorama geral, é perceptível a existência de diferentes tipos de solução, agregando consigo uma abundância de aplicações em nosso cotidiano. Essa realidade, promove o reconhecimento da importância que o processo de dissolução detém na formação dessas soluções. Nossa vivência com a dissolução de materiais, em geral, envolve sólidos dissolvidos em líquidos, como na água potável, alimentos,

cosméticos, medicamentos e em materiais de limpeza que nos deparamos cotidianamente (MOZZER, 2013), entretanto esse quadro geral vai além dos sistemas sólido/líquido, se ampliando para outros sistemas que não se atribuem muita atenção, como as soluções sólidas que envolvem, por exemplo, a produção de ligas metálicas e as soluções gasosas, como é o caso da nossa atmosfera.

A partir dessa reflexão é possível observar como o tema soluções e o fenômeno da dissolução estão diretamente atreladas as práticas do cotidiano, sejam elas envolvendo procedimentos simples – de uso doméstico – ou até mesmo aqueles mais complexos – de caráter industrial e/ou natural – possibilitando subsídios importantes para o desenvolvimento das transformações da matéria (MOZZER, 2013), suas propriedades e as implicações diretas com outros conhecimentos químicos, além de proporcionar um viés que auxilie os estudantes no aprimoramento de competências que dizem respeito aos domínios da representação e comunicação, da investigação e compreensão e da contextualização sociocultural apontadas pelo PCN+ (2002), baseados em uma proposta de ensino que valorize de forma autêntica de todos esses aspectos.

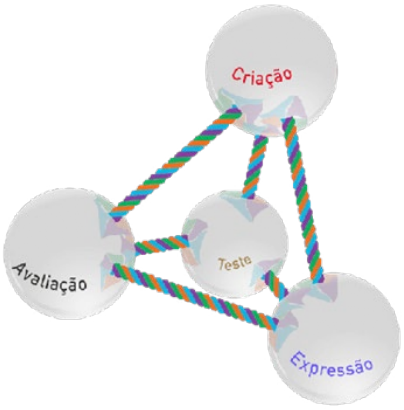
Logo, se faz necessário a utilização de práticas investigativas autênticas (PRINS *et al.*, 2008), permitindo assim, com que os estudantes vivenciem a construção de seu próprio conhecimento científico. Neste sentido, uma abordagem que apresenta grande potencial para o desenvolvimento de conceitos e o envolvimento em práticas científicas e epistêmicas é o processo de modelagem, visto que permite a vivência dos estudantes em situações análogas ao que ocorre no desenvolvimento de conhecimentos dentro da Ciência (GILBERT e JUSTI, 2016).

1.1 Construindo o Saber: Modelagem na Educação em Ciências

O processo de modelagem representado pelo Diagrama Modelo de Modelagem v.2 (DMM) de Gilbert e Justi (2016) da Figura 1, permite que os estudantes elaborem e testem suas teorias atribuídas ao modelo construído e percebam de acordo com Maia e Justi (2008) a complexidade envolvida no desenvolvimento e nas próprias limitações que a construção de conhecimentos traz consigo. É um processo investigativo que exige do estudante um envolvimento ativo no aprimoramento de sua argumentação diante de um problema apresentado, de sua criatividade em elaborar representação a um dado fenômeno, na busca e seleção por informações e dados que tornem suas teorias ainda mais abrangentes, bem como na colaboração de um

trabalho que torna o processo ainda mais eficaz quando realizado em grupos de pessoas.

Figura 1 – Diagrama Modelo de Modelagem v.2.



Fonte: Gilbert e Justi (2016, p. 36).

Na Figura 1, observamos um tetraedro que apresenta em seus vértices as etapas principais da modelagem. A essas etapas se relaciona um conjunto de ações e, consequentemente, uma série de habilidades para executá-las. De acordo com esse referencial (GILBERT e JUSTI, 2016) as etapas envolvidas no processo de modelagem são:

I. *Criação*: quando se define os objetivos do modelo, reúnem-se informações sobre o sistema, são identificadas algumas de suas propriedades e é selecionada a origem do modelo. A partir da integração entre conhecimentos anteriores e as novas informações obtidas sobre o sistema, ocorre a elaboração do modelo mental inicial.

II. *Expressão*: uma vez que o modelo mental só é acessível ao indivíduo que o elaborou, ele deve buscar expressá-lo através de algum modo de representação para torná-lo acessível e comunicá-lo a outros. Esses modos de representação são variados, podendo ser no formato escrito, verbal, por meio de gráficos e tabelas, representações bidimensionais e tridimensionais, entre outras.

III. *Teste*: os testes podem ser de duas naturezas: via experimentos mentais e através de planejamento e realização de testes empíricos. Esta etapa pode ser caracterizada pela ocorrência sucessiva ou alternada desses dois tipos de teste ou pela utilização de um único tipo. Isto irá depender da natureza da

entidade modelada e/ou da disponibilidade de materiais necessários à realização de testes empíricos.

IV. *Avaliação*: essa etapa é muito importante para que sejam levantadas as limitações do modelo, bem como a extensão de seu emprego. Esta etapa permite a formulação de novas hipóteses e a previsão do comportamento desse modelo em outras situações, além da proposição de novos experimentos e demonstrações, com novas interpretações e críticas ao modelo. Esta etapa enfatiza os modelos como uma criação humana, sujeita a mudanças e com limitações inerentes.

Gilbert e Justi (2016) optaram por esta figura geométrica em virtude de ela apresentar vértices equidistantes uns dos outros e por poder ser rodada sem modificar as relações entre os vértices. Tais aspectos são coerentes com as características essenciais do processo de modelagem: ser cíclico, não linear e não predeterminado. Além disso, unindo os vértices existem quatro fios de cores distintas entrelaçados entre si formando uma corda. Cada fio e sua respectiva cor representam um dos processos cognitivos envolvidos em todo o processo de modelagem: raciocínio analógico, uso de representações imagísticas, experimentos mentais e argumentação. A Figura 1 também indica que esses processos ocorrem o tempo todo a partir da representação das cordas entrando nas esferas.

Cabe ressaltar que, as etapas supracitadas podem ocorrer e se repetir continuamente ao longo das atividades de modelagem, pois a construção de um modelo com bases científicas, deve elucidar para o professor e seus estudantes que esse processo análogo ao que um cientista realiza demonstra os principais caminhos necessários para que um conhecimento seja coerente e consistente para explicar um fenômeno.

1.2 Desvendando a Natureza da Ciência Através da Modelagem: Uma Jornada de Exploração e Descoberta

Outro aspecto presente nas discussões a serem promovidas pelo professor é a metamodelagem, isto é, o conhecimento relacionado à natureza dos modelos e ao processo de modelagem, bem como o papel desses na Ciência (Maia, 2009). Para que os estudantes desenvolvam esse conhecimento, é importante que o professor favoreça a ocorrência de reflexões sobre o significado de modelos, as diferentes

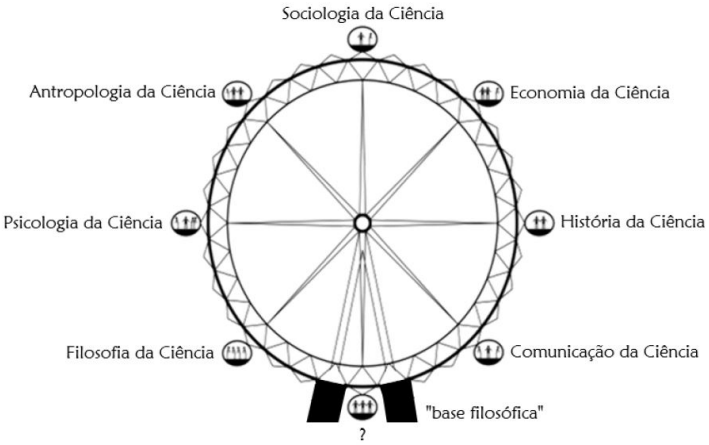
formas de representá-los, seus usos, abrangência e limitações, a importância e o porquê de se construir modelos na Ciência, e as etapas que constituem o processo de modelagem. O desenvolvimento de conhecimento sobre modelagem pode favorecer aos estudantes desenvolver uma visão menos ingênua sobre a Ciência (Maia, 2009).

Em relação aos aspectos de NdC, utilizamos o referencial proposto por Santos *et al.* (2020): o Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2) com algumas complementações, ligadas a comunicação da Ciência, que foram adicionadas a partir do trabalho de Santos (2023). Esse modelo, proporciona uma visão mais holística da Ciência com uma representação que se torna mais didática aos contextos de sala de aula.

O MoCEC se baseia em dois princípios: a Ciência é uma complexa atividade cognitiva, epistêmica e social, que pode ser caracterizada por perspectivas disciplinares distintas (Química, Física, Biologia, História, Política, Filosofia, Sociologia, entre outras áreas às quais a Ciência está relacionada); e para que o ensino de Ciências seja autêntico, situações educativas devem envolver argumentos sobre ciências a partir da consideração das evidências expressas por perspectivas disciplinares distintas. Essa visão foi adotada, uma vez que ela é coerente com as de modelagem e metamodelagem, além de ser uma proposta concreta para introduzir NdC no ensino de Ciências e ser mais ampla do que as presentes na literatura atual da Educação em Ciências.

O modelo do qual nos referimos está representado a seguir:

Figura 2 - Representação visual do MoCEC.



Fonte: Santos (2023, p. 232).

Logo, apresentaremos a seguir as áreas do conhecimento e seus respectivos aspectos que foram expostos por Santos, Maia e Justi (2020, p. 595-601) e Santos (2023):

I. **Filosofia da Ciência**: estuda o significado da Ciência, abrangendo o processo de construção do conhecimento científico (elaboração, comunicação, avaliação, revisão, validação e as práticas científica e/ou epistêmicas envolvidas). Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: a (i) Epistemologia; (ii) Ética; e (iii) Lógica.

II. **Pscicologia da Ciência**: é uma área que se preocupa com os processos mentais e o comportamento do indivíduo, ou seja, busca compreender como o cientista pensa durante a produção e uso do conhecimento científico. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Complexidade; (ii) Criatividade; (iii) Falibilidade; (iv) Incerteza; (v) Influência motivacional; (vi) Inteligência; (vii) Limitação; (viii) Não linearidade do pensamento; (ix) Objetividade; (x) Personalidade; (xi) Racionalidade; (xii) Representação; e (xiii) Subjetividade.

III. **Antropologia da Ciência**: se concentra no estudo sobre o homem e a humanidade no sentido mais amplo. Além dess foco geral, na Ciência visa compreender as relações do homem com o conhecimento científico, considerando que a produção deste é uma forma de ação social, e qe o seu desenvolvimento é uma forma de produção cultural. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Incomensurabilidade; e (ii) Influência cultural.

IV. **Sociologia da Ciência**: tem como principal objetivo, estudar como ocorre a produção do conhecimento científico sob o olhar das interações ocorridas entre os cientistas, enquanto pertencentes a uma sociedade. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Aceitabilidade; (ii) Credibilidade; (iii) Falibilidade; (iv) Incerteza; (v) Influência sociopolítica; (vi) Interação entre cientistas.

V. **Economia da Ciência:** é uma área que se oncentra nos estudos sobre os impactos sofridos e/ou exercidos pela comercialização e mercantilização do conhecimento científico. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Acesso ao conhecimento; (ii) Aplicabilidade; (iii) Competitividade; (iv)

Fonte de financiamento; (v) Investimento econômico; (vi) Produtividade; (vii) Publicidade; (viii) Viabilidade.

VI. **História da Ciência:** busca compreender como o conhecimento científico se constroi e se modifica ao longo do tempo. Os aspectos envolvidos nessa área do conhecimento são: (i) Influência histórica; (ii) Multiplicidade; (iii) Não linearidade; (iv) Progressividade; (v) Provisoriedade.

VII. **Comunicação da Ciência:** busca compreender como o conhecimento científico se desenvolve e se valida mediante aos diferentes instrumentos e modos de comunicação realizados dentro ou fora da comunidade acadêmica, levando em consideração as suas implicações nas demais áreas do conhecimento. Os aspectos envolvidos nessa área são: (i) Objetivos; (ii) papéis; (iii) modos de comunicação; (iv) tipos de fontes; (v) garantia de confiabilidade.

É importante que o professor se atente a utilização desse instrumento como ferramenta de análise e avaliação dos aspectos que os estudantes irão manifestar. O modelo não tem a intenção de propor ao professor a inclusão de todas as áreas e aspectos correspondentes, mas sim apresentar a diversidade de perspectivas que podem influenciar a Ciência e que também são influenciadas por ela. Portanto, não se deve implementar o modelo como um conteúdo a ser ensinado ou mesmo tornar a proposta sua refém. A instrumentalização docente a partir dessa representação holística da Ciência, visa contribuir para uma das respostas mais polêmicas envolvendo pesquisas que discutem NdC. Tal questão está relacionada ao *como* inserir conhecimentos de NdC em aulas de Ciências. Dado essa necessidade, o MoCEC traz importantes contribuições que podem fazer com que o professor que o utilize consiga de alguma forma se ancorar em seus objetivos para responder essa questão ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

1.3 Conduzindo a Aprendizagem: Ações dos Professores em Sintonia com a Natureza da Ciência e a Modelagem

Ao analisarmos o papel do professor na sala de aula e nas diversas preocupações, objetivos e demandas que ele enfrenta, acreditamos que uma maneira de amenizar os entraves que surgem ao longo de qualquer contexto escolar é a busca

por respostas a seguinte pergunta: *Como* o professor poderia ter êxito e tornar exequível a inserção de conhecimentos de NdC por meio da modelagem?

A tese que defendemos parte do princípio de que não é suficiente os professores terem um conhecimento notável sobre a elaboração de atividades fundamentadas em modelagem ou conhecimentos sobre a NdC. É preciso atentar-se a importância que as intenções e as questões geradas pelos professores possuem na construção epistêmica do conhecimento científico pelos estudantes.

Nesse contexto, as questões que elaboramos incorporaram essas características, alinhando-se à teoria proposta por Mehan (1979), que evidencia os tipos de questões mais comuns que os professores mobilizam em sala de aula, enfatizando as intenções oriundas dele. Outros autores também trouxeram contribuições significativas que validaram as nossas intenções (KAWALKAR e VIJAPURKAR, 2013; SILVA, A. C. A. D. *et al.*, 2018; SILVA JÚNIOR e SANTOS, 2020; SILVA, R. L. D. *et al.*, 2018). Essas intenções estavam ligadas na compreensão do perfil e como essas questões surgiam ao longo das atividades de modelagem com o propósito de ampliar as visões dos estudantes sobre NdC. À medida que analisamos o perfil das questões, procuramos classificá-las com base:

i. No foco dos conhecimentos prévios dos estudantes (QCP);
ii. Na ênfase na inclusão de conhecimentos científicos na elaboração dos modelos (QCC);
iii. Na necessidade dos estudantes avaliarem a aplicabilidade e a capacidade explicativa dos modelos (QRM);
iv. Na busca pelas concepções e perspectivas dos estudantes sobre a Ciência (QMT); e
v. Na compreensão dos participantes com base em suas experiências ao longo das atividades de modelagem (QPM).

Essa classificação nos permitiu aprofundar nossa compreensão de como as intenções das professoras se manifestaram e quais bases os estudantes utilizaram para respondê-las. Dessa forma, podemos pensar nas questões, como uma parte fundamental desse processo investigativo levando os envolvidos a pensarem em como a Ciência se constrói. Portanto, deve-se levar em conta principalmente dois tipos de questões, as de *processo* e *metaprocesso*, porque essas iniciações buscam entender as opiniões dos estudantes sobre o funcionamento da Ciência, bem como

as relações entre essas visões e os conhecimentos que os estudantes escolheram para criar os modelos. Além disso, exploravam os modos de expressão, os argumentos utilizados para defender suas hipóteses, os métodos de teste e melhoria dos modelos, e as aplicações mais amplas dos modelos em diferentes situações.

1.4 Avisos e Recomendações

Recomenda-se que o professor faça uma leitura prévia de toda sequência didática para que ele possa se inteirar de todos os procedimentos que serão necessários para desenvolvê-la.

Deixamos aqui algumas indicações de livros ou textos base sobre o tema em estudo, para que algumas informações, dados e ou fontes sejam oferecidos aos estudantes quando necessário ao longo das orientações feitas pelo professor. Tais referências são indicadas, por exemplo em

O professor deve se atentar ao uso dos conceitos, tendo em vista que eles servem como chave de interpretação da realidade. Nesse sentido, deve-se evitar uma hierarquização dos conhecimentos produzidos, ou das culturas que coexistiram no mesmo tempo ou em épocas diferentes. Um exemplo que pode surgir nesse contexto, seria enxergar a produção do conhecimento científico ao longo da história como uma evolução que denota uma ideia de superioridade diante dos conhecimentos anteriores, por exemplo, acreditar que o modelo atômico de Rutherford seja melhor que o modelo atômico de Dalton. Antes de utilizar a unidade didática, é importante que o professor compreenda alguns aspectos teóricos relacionados à argumentação, modelagem e natureza da ciência.

A sequência didática apresentada a seguir, não deve ser vista como um manual pronto e que deve ser executado de maneira rígida e sem reflexão ao contexto em que será inserido. Portanto, torna-se importante que o professor tome consciência do seu contexto de trabalho, faça suas adaptações e utilize esse material com naturalidade e dinamicidade, sempre se preocupando com a mobilização de questionamentos que orientem os estudantes na resolução das atividades, bem como forneça dados e conhecimentos para preencher eventuais lacunas em conhecimentos científicos curriculares que os estudantes possam apresentar. Além disso, algumas leituras devem ser consideradas obrigatórias para o êxito na execução dessa proposta. A seguir indicamos alguns textos obrigatórios:

Sobre Modelagem:

- Modelagem e o fazer Ciência.
  Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>
- A Construção de Significados para o Fenômeno da Dissolução Fundamentado pela Modelagem.
  Disponível em: <https://doi.org/10.29327/125492.1-5>

Sobre Natureza da Ciência e o uso do MoCEC:

- Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos.
  Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u581616>
- Análise de aspectos de natureza da ciência na minissérie Chernobyl e considerações sobre o uso da minissérie no ensino de ciências.
  Disponível em: <https://doi.org/10.53727/rbhc.v15i2.774>

Questões de professores:

- Análise dos Questionamentos do Professor em Atividades Fundamentadas em Modelagem Analógica.
  Disponível https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4498

A seguir apresentaremos de forma visual, como a sequência das atividades está organizada, para que o professor tenha um panorama geral do tempo que será gasto e dos ajustes que ele precisará executar para que as atividades se adequem ao seu contexto de atuação. Portanto, no Quadro 1, apresentamos todas as etapas com suas localizações ao longo do texto e o tempo estimado de duração de cada uma delas. Cabe ao professor tomar ciência de que as atividades podem ser finalizadas antes do previsto ou mesmo se delongarem por alguns minutos extras. Essa condução dependerá de como as atividades estão sendo trabalhadas.

As Figuras 1 e 2 representam esquematicamente como as atividades se relacionam entre si e como elas estão dispostas ao longo desse produto. A Figura 1 se apresenta no formato de um mapa conceitual, servindo de exemplo para o professor durante as atividades iniciais que são propostas nesse material, com o objetivo de introduzir o tema de estudo. Já a Figura 2 se encontra no formato de um fluxograma que irá auxiliar o professor para que ele não se perca em seus planejamentos.

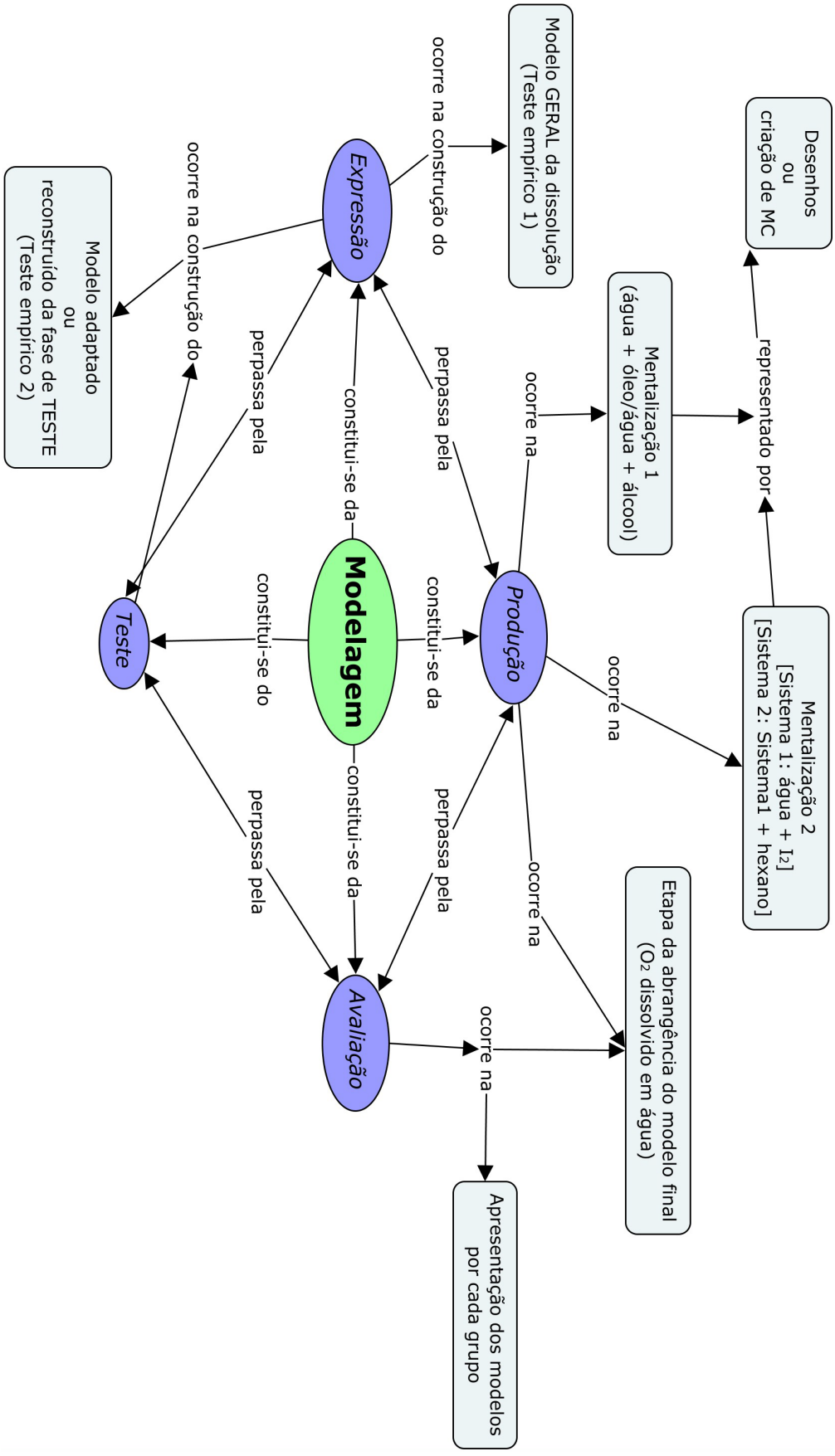
2. PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE: COMPREENSÃO DO PROCESSO DE DISSOLUÇÃO

Quadro 1 – Resumo das etapas a serem desenvolvidas e da estimativa do tempo de duração.

Momentos	Etapas	Tempo Estimado (minutos)
1º	Introdução aos MC	150 (3 aulas de 50 min.)
	Construindo um MC sobre *dissolução* (Elaboração do MC_1)	
2º	**Roteiro Parte A** – Mentalização 1 (CRIAÇÃO)	120 (2 aulas de 50 min.)
	Roteiro Parte B – Execução da Experimentação 1	
	Comparação entre a etapa de mentalização e o teste empírico	
	Construção do protomodelo para *dissolução* (EXPRESSÃO)	
3º	**Roteiro Parte A** – Mentalização 2	120 (2 aulas de 50 min.)
	Roteiro Parte B – Execução da Experimentação 2	
	Comparação entre as etapas de mentalização 2 e teste empírico 2	
	Etapa de TESTE do modelo inicial	
4º	Verificação da abrangência por meio de uma nova problemática: O_2 dissolvido em água. (AVALIAÇÃO)	120 (2 aulas de 50 min.)
	Elaboração do MC_{final} (relação do modelo final construído com os conceitos de dissolução)	

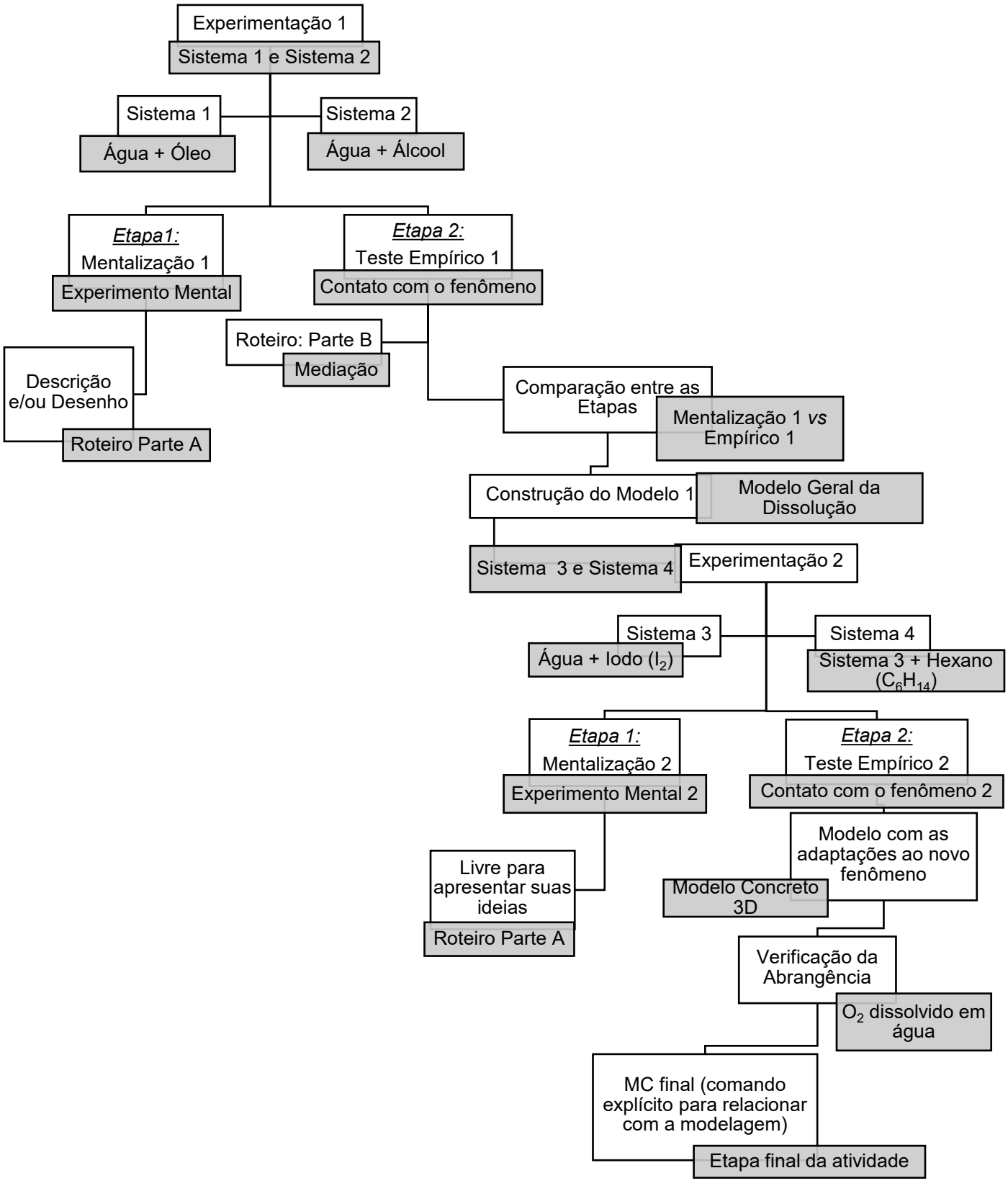
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - Diagrama das etapas da modelagem relacionadas com as respectivas atividades propostas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Organograma da sequência de condução das atividades propostas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. PRIMEIRO MOMENTO: MOBILIZANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE DISSOLUÇÃO

Legenda: Descrições em azul refere-se a observações tratadas nessa proposta como sendo essenciais e que podem auxiliar o professor na condução e reflexão de como as atividades serão desenvolvidas durante o tempo de sua execução.

Aqui, destinamos esse momento a introdução a elaboração de modelos com pretexto de capturar dos estudantes alguns conhecimentos prévios sobre o tema, ou mesmo inserir esses conhecimento diante da necessidade do contexto da turma. Todas as aulas iniciais desse momento serão dedicadas a construção de Mapas Conceituais (MC). Esse modo de representação das ideias que os estudantes apresentam inicialmente pode ajudar o professor a compreender como eles estabelecem relações significativas entre os conceitos, exemplos e conhecimentos ligados ao tema “soluções”.

Caso o professor tenha habilidades e já faça uso de slides em suas aulas, ele pode seguir a montagem a partir dos tópicos que serão apresentados a seguir. Caso não faça uso dessa ferramenta, nada impedirá que as atividades sejam também construídas por meio desses subitens.

3.1 Introdução aos MC

Para a execução dessas atividades iniciais será necessário a obtenção dos seguintes materiais para que as aulas sejam desenvolvidas: Datashow; slides previamente preparados; cartolinas; post-its; régua; lápis; canetas de cores diferentes e livro didático utilizado pelos alunos.

3.2 Questionamentos sobre o assunto

Ao início da aula é interessante que o professor realize alguns questionamentos com o objetivo de motivar a participação e a manifestação das ideias dos estudantes:

1) Vocês já ouviram esse termo, “mapas conceituais”?
2) O que esse termo significa?
3) Quais seriam suas aplicações?
4) Por que iremos utilizá-lo?

À medida que as perguntas forem sendo feitas, outras mais podem surgir. Desde o início de qualquer intervenção realizada o objetivo principal de condução será sempre manter o caráter investigativo e participativo dos estudantes.

3.3 Os objetivos e usos dos MC

Após as discussões prévias do assunto e do que os alunos trazem como conhecimento de MC, propõem-se que o professor, de maneira objetiva, defina o que são os MC, onde e como podem ser empregados, atentando-se ao porquê de sua utilização durante as aulas. Essa deve ser uma etapa previamente preparada pelo professor, seja pelo uso de slides ou da lousa disponível em sua sala de aula. Para que isso ocorra, o professor deve construir juntos dos alunos um MC que apresente um assunto que não seja de cunho científico, ou seja, um tema que seja mais cotidiano e presente no dia a dia dos estudantes, por exemplo a explicação de como um celular funciona.

Nessa etapa, é importante que o professor enfatize os termos de ligação que devem ser formados ao conectarem dois ou mais conceitos que se relacionem, deixando claro que o número de conexões significativas torna o mapa ainda mais amplo em termos de conhecimento.

Após esse momento o professor pode apresentar alguns outros mapas, construídos por ele demonstrando como os conceitos devem se relacionar e como os termos de ligação são importante para que isso seja feito. Alguns temas que o professor pode apresentar estão relacionados ao tema central das futuras discussões sobre a DISSOLUÇÃO. São eles:

- Geometria
- Polaridade

A cada exemplo de mapa conceitual, torna-se importante discutir e relembrar em conjunto como os conceitos estão sendo apresentados em cada um, buscando uma conexão com a forma como foram construídos, juntamente com as semelhanças e diferenças.

3.4 Construindo um MC

Nesse momento o professor pode utilizar alguns recursos tecnológicos para construir os MC com os estudantes. Um desses recursos é o "mentimeter[18]", que proporciona uma interação muito interessante, no sentido de permitir que todos os participantes possam sugerir conceitos, exemplos para a proposição de uma nuvem de palavras. Outro recurso caso o professor tenha a sua disposição computadores disponíveis para os estudantes, seria o uso do software CmapTools[19].

Para que se possa construir essa nuvem de palavras é importante que o professor faça algumas indagações com o intuito de averiguar conhecimentos prévios que os estudantes apresentam para o tema. Segue algumas sugestões de iniciação para esse momento:

1) O que é a dissolução?
2) O que se utiliza para explicar um fenômeno de dissolução?
3) É um fenômeno Químico ou Físico?
4) Onde se aplica no nosso cotidiano? Cite exemplos.
5) Existem outros conceitos por trás desse tema? Se sim, quais seriam? E se não, justifique.

As questões anteriores são todas do tipo QCP, entretanto aspectos de NdC são difíceis de serem inseridos pelo professor nesse momento, porque a ideia principal é apenas identificar as concepções dos estudantes sobre o tema. Tais aspectos podem surgir diante das respostas dos estudantes, como por exemplo, quando estes se direcionam a exemplos ligados a comunicação, tentando justificar com base em fontes de leitura e informação (jornais, livros, redes sociais), ou também com base em exemplos do cotidiano que poderiam, dependendo do tipo de resposta, estarem ligados ao aspecto influência motivacional, por se tornar uma influência para aquela visão prévia que o estudante apresentar.

---

[18] Ferramenta online que permite que educadores mobilizem o engajamento e a interação por meio de sua plataforma, fazendo uso de nuvens de palavras, quizzes e questionários. Disponível em: https://www.mentimeter.com/pt-BR.

[19] O software IHMC CmapTools capacita os usuários a construir, navegar, compartilhar e criticar modelos de conhecimento representados como mapas conceituais. Disponível em: https://cmap.ihmc.us/cmaptools/.

Caso os estudantes apresentem defasagem nos conhecimentos pré-requisitos para o desenvolvimento do tema, é necessário que o professor inclua uma aula destinada a revisão desses conhecimentos prévios, por exemplo, polaridade, geometria, ligações químicas, interações intermoleculares entre outras. Nesse sentido algumas questões baseadas no perfil da QCC são essenciais para essa abordagem. Algumas sugestões estão descritas a seguir:

1) Caso tenhamos duas misturas, sendo A uma mistura que contém duas substâncias com o mesmo estado físico e B uma mistura que contém outras duas substâncias em estados físicos diferentes, como elas atuariam no processo de dissolução?
2) Pensando na organização de cada estado físico, como você explicaria esse mesmo processo em um nível submicroscópico?
3) Poderia haver alguma diferença no resultado entre essas duas misturas? Explique.
4) Em uma situação em que se adiciona uma grande quantidade de sal de cozinha em um recipiente com água, observamos que em um determinado momento o recipiente contém um corpo de fundo. Como você explicaria essa situação? Que conhecimentos estão envolvidos nesse caso? Na fase líquida há a presença de outra substância além da água? Justifique.
5) Sabendo que existem conexões entre esses conhecimentos, relacione ambos de modo a
6) Como se dá a formação de um dipolo na molécula de água?
7) Existe alguma diferença entre ligações químicas e interações intermoleculares? Se sim, como esses conhecimentos ocorrem em nível submicroscópico? Se não, o que você justificaria para caracterizá-las como iguais?
8) Existe alguma diferença entre um átomo e uma molécula a nível submicroscópico? Em caso de resposta positiva, o que diferenciaria esses dois conhecimentos. Em caso de resposta negativa justifique com suas concepções.

3.5 Organização das ideias apresentadas

Após a tempestade de ideias o professor deverá buscar sequenciar os conceitos e suas respectivas conexões uns com os outros, buscando até mesmo eliminar ou acrescentar conceitos de relevância ao tema dissolução.

3.6 O que é preciso para construir um MC

Momento no qual o professor irá apresentar para os estudantes quais são as instruções básicas para construção dos MC, levando em consideração as discussões e observações feitas anteriormente.

3.7 Construção do MC inicial

Cada grupo previamente dividido e organizado pelo professor, fará a construção de seu próprio mapa conceitual a partir da organização das ideias e das instruções básicas, sendo a todo momento mediadas pelo docente. O objetivo de se construir esse MC inicial se baseia na necessidade de utilização como ferramenta avaliativa do processo de consolidação do conhecimento dos estudantes ao final de todo o processo.

3.8 Discussão e considerações finais

Ao final da construção dos MC, um representante de cada um dos grupos irá apresentar de forma explicativa o seu MC construído. Após esse momento, a aula poderá ser finalizada com algumas considerações e impressões iniciais pelos estudantes para com essa atividade inicial.

4. SEGUNDO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *CRIAÇÃO* E *EXPRESSÃO*

O objetivo é iniciar o desenvolvimento da criticidade e buscar observar, quais os conhecimentos prévios de “dissolução” que os alunos trazem consigo, percebendo se eles mantiveram os conceitos colocados no mapa construído no encontro anterior. Nesse sentido acreditamos que já se possa identificar algumas concepções alternativas que os estudantes normalmente apresentam junto aos seus conhecimentos e argumentações sobre o assunto.

Nesse instante, tem-se como início do processo a construção de modelos submicroscópicos partindo de um problema apresentado a cada um dos grupos de estudantes. Sendo assim, eles irão buscar seguir as etapas da modelagem: *criação* e *expressão* nesse primeiro momento.

Mentalização 1

Roteiro A: Sistema água e óleo + Sistema água e álcool

Antes de iniciar a atividade experimental é muito importante relembrar o que foi discutido no momento anterior. Deve-se levar em consideração as relações com os mapas conceituais construídos por cada grupo. Nessa proposta inicial, o professor irá observar o quão favorável é a ressignificação dos conceitos, a partir do momento que se oportuniza ao estudante a capacidade de imaginar e (experimento mental) e em seguida de observar o fenômeno.

1) Observando os materiais dispostos para o grupo, preveja o que ocorrerá em cada sistema quando seus respectivos componentes forem misturados. Para isso descrevam ou desenhem o que poderá ocorrer em um nível *submicroscópico*.

Sistema 1: água + óleo	**Sistema 2: água + álcool**

Nesse instante é o momento oportuno para a PRODUÇÃO do modelo mental, definição ou o entendimento dos objetivos do modelo a ser proposto, onde os alunos terão que obter as informações necessárias por meio da sua rede cognitiva prévia.

2) O que é um experimento científico?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Epistemologia.

3) Em quais lugares um cientista realiza seus experimentos?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Epistemologia.

4) Existem regras para se trabalhar dentro da Ciência? Quais?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Ética, Interação entre cientistas.

5) Qual(is) característica(s) e/ou conceito(s) químico(s) que vocês utilizariam para justificar suas previsões?

a) Liste os conteúdos;

b) Descrevam como esse(s) conteúdo(s) se aplicam;

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

6) Que tipo de mistura irá se formar?

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

7) Quais são os constituintes principais de uma mistura?

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

8) De acordo com a previsão de vocês, haverá diferença entre os dois sistemas contendo água? Justifique imaginando o seguinte: “Se a gente pudesse visualizar as moléculas de água será que aconteceu alguma coisa com ela ou não”?

9) De acordo com a resposta anterior:

a) Se positiva, descreva quais características apresentadas pelo ‘álcool e óleo’ fazem com que ocorra essa diferença entre os sistemas.

b) Se negativa, o que faz com que álcool e óleo se comportem da mesma forma na presença de água.

Perfil da questão: QCC.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

10) Ocorrerá um fenômeno físico, químico ou ambos? Justifique.

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

11) Houve alguma dificuldade e/ou facilidade nessa etapa de mentalização? Descreva de maneira objetiva quais foram essas dificuldade e/ou facilidades apresentadas nessa etapa.

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

12) As hipóteses estipuladas nessa etapa, foram consensuais ou individuais? Por quê?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Interação entre cientistas, Não linearidade do pensamento, Subjetividade.

13) Como os cientistas formulam hipóteses?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Racionalidade, Epistemologia, Representação.

14) Qual a importância de se fazer essa etapa de mentalização em um processo científico?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Epistemologia, Investimento econômico, Falibilidade, Representação.

Experimentação 1

Roteiro Parte B: Sistema água e óleo + Sistema água e álcool

Materiais e Reagentes (por grupo):

Água destilada
5 mL de óleo
5 mL de álcool
2 tubos de ensaio com rosca
1 grade para os tubos
1 caneta de escrever no vidro
3 pipetas de pasteur.

1) Realize os testes misturando os componentes de cada sistema. Em seguida, anote tudo que for observado. No espaço a seguir, desenhe ou descreva o fenômeno em um nível *submicroscópico*.

Nessa etapa experimental é o momento no qual os estudantes terão a experiência com o alvo a ser testado, ou seja, irão observar como ocorre os fenômenos e de que maneira eles se comportam.

Sistema 1: água + óleo	**Sistema 2: água + álcool**

2) Compare os resultados obtidos com a previsão feita anteriormente.

a) Para isso, descrevam essas diferenças detalhando quais observações foram eliminadas e quais foram acrescidas após os testes realizados.

b) Houve semelhanças? Se sim, descrevam-nas.

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Representação, Limitação, Racionalidade.

Momento no qual, se possibilita o envolvimento ativo dos estudantes para com o fenômeno testado experimentalmente, o que favorece a construção de novos conceitos e/ou conhecimentos, ou até mesmo, uma ressignificação dos conhecimentos prévios já demonstrados e mentalizados previamente. O objetivo principal é buscar manter a todo momento, um nível de investigação produtivo. Durante a experimentação, cada grupo terá seus próprios materiais para os testes.

3) A(s) característica(s) e/ou conceito(s) químico(s) que vocês utilizariam para justificar suas previsões são os mesmos após a realização dos testes experimentais?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Representação.

4) Como você acredita que um cientista agiria em casos de falhas nos testes experimentais, mesmo que as hipóteses tenham sido bem estruturadas?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Limitação, Falibilidade, Personalidade, Complexidade, Criatividade.

5) O termo “solução” é bastante utilizada na ciência – principalmente na Química – referindo-se a um tipo de mistura.

a) Qual seria esse tipo de mistura? Exemplifique com alguns outros fenômenos que ocorrem no cotidiano de vocês.

Perfil da questão: QCP.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

b) Houve a formação de alguma solução em algum dos testes realizados? Se sim, em qual dos sistemas e o que determinou a formação dessa solução? Se não, busque justificar qual fator determinou a não formação de uma “solução”.

Perfil da questão: QCC.

Aspectos de NdC: Subjetividade, Racionalidade.

6) Ainda ligado a questão anterior, onde podemos aplicar as “soluções”? Existe alguma implicação prática desse conhecimento na sociedade?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Influência sociopolítica, Aplicabilidade.

7) Quando o álcool é misturado na água, observou-se que ele desapareceu:

a) Quando isso ocorreu podemos dizer que o “álcool” não é mais a mesma substância?

Perfil da questão: QCP e QCC.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

b) Ocorreu um fenômeno químico, físico ou ambos? Justifique a resposta.

Perfil da questão: QCP e QCC.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

8) A experimentação feita por vocês facilitou na compreensão da etapa de previsão do que ocorreria com os sistemas? Explique.

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Epistemologia, Lógica, Racionalidade.

9) Ocorreu algum fenômeno da dissolução? Apresente dados ou informações que corroborem sua resposta.

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

10) Realize a construção de um modelo concreto (3D), em um nível submicroscópico, que represente o processo da dissolução ocorrido em cada sistema. Utilize os materiais disponibilizados para cada grupo.

Materiais (por grupo)

1 caixa de massinha de modelar;
1 caixa de giz de cera;
Bolinhas de isopor de tamanhos variados;
1 caixa de palitos de dente;
Folhas A4 ou cartolinas;
Tesoura;
Cola;

Momento de discussão entre os integrantes do grupo, pois necessita-se de movimentação de ideias a todo momento, argumentação, e busca por conceitos científicos para construção do modelo. Essa etapa é a de EXPRESSÃO, onde os alunos terão a oportunidade de representar o fenômeno em nível submicroscópico. Essa etapa da modelagem também está relacionada à CRIAÇÃO, pois os estudantes terão que estabelecer relações com as hipóteses, os dados reais observados e os modos de representação do modelo.

A mediação deverá ser feita por meio de questões que instiguem os estudantes a pensarem holisticamente sobre o que estão vivenciando e suas relações com a Ciência, mobilizando características que façam os integrantes de cada grupo a conectarem os conceitos já adquiridos com os novos conceitos . Desse modo a evolução conceitual se torna bastante significativa. A seguir, apresentaremos algumas sugestões de questões que podem ser feitas na socialização dessa atividade com o objetivo de relacionar os conhecimentos de NdC com as etapas da modelagem. Nesse momento os estudantes terão a oportunidade de apresentarem suas visões de metaprocesso, visto que as questões irão motivá-los a expressarem suas opiniões.

1) A partir da apresentação dos modelos, como você percebe o impacto do conhecimento científico ao longo do tempo?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Progressividade.

2) Em que um modelo poderia auxiliar na produção da científica, principalmente quando analisamos produções feitas em épocas diferentes?

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Representação, Provisoriedade.

3) O modelo que vocês construíram é capaz de abranger toda a realidade do fenômeno observado? Como e por quê?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Limitação, Racionalidade, Subjetividade, Não linearidade do pensamento.

4) Quais aspectos culturais você percebe sendo manifestados em seu modelo?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Influência cultural.

5) Quais as relações entre a cultura e a Ciência?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Influência cultural.

5. TERCEIRO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *TESTE*

Momento em que os testes podem ser de duas naturezas: via experimentos mentais e através de planejamento e realização de testes empíricos. Esta etapa pode ser caracterizada pela ocorrência sucessiva ou alternada desses dois tipos de teste ou pela utilização de um único tipo. Isto irá depender da natureza da entidade modelada e/ou da disponibilidade de materiais necessários à realização de testes empíricos.

Mentalização 2

Roteiro Parte A – SISTEMA 1: Água + $I_{2(s)}$ / SISTEMA 2: Sistema 1 + Hexano

1) Observando os materiais dispostos para o grupo, preveja o que ocorrerá em cada sistema quando os materiais forem misturados (em um nível *submicroscópico*). Para isso descrevam suas ideias nos espaços a seguir (podendo também realizar desenhos para melhor imaginação do fenômeno ou a construção de um novo MC).

Sistema 1: água (H_2O) + iodo (I_2)	**Sistema 2: sistema 1 + hexano (C_6H_{14})**

Eles poderão também realizar desenhos de acordo com o que foi mentalizado na previsão, e criarem um mapa conceitual que busque relacionar o modelo mental desenhado com os conceitos sobre o assunto.

2) Para a realização da descrição que vocês forem fazer, busquem se orientar de acordo com as seguintes ideias:

- Quais conhecimentos químicos serão manifestados? Serão os mesmos para os casos feitos com água + álcool e água + óleo? Caso existam, quais são as semelhanças e quais as diferenças?

  Perfil da questão: QCC e QCP.

  Aspectos de NdC: Indeterminado.
- Perguntas como “O que é a dissolução” e “O que se intende por solução” foram feitas no decorrer das atividades anteriores. Suas justificativas permanecem as mesmas? Por quê?
- Quais características ou propriedades que as substâncias devem apresentar para que ocorra a dissolução?

  Perfil da questão: QCP e QCC.

  Aspectos de NdC: Indeterminado.
- Levante hipóteses sobre o que pode acontecer em qualquer tipo de dissolução?

  Perfil da questão: QCP e QCC.

  Aspectos de NdC: Subjetividade.
- Ocorrerá mudanças físicas ou químicas nos sistemas? Quais seriam e por quê?

  Perfil da questão: QCP e QCC.

  Aspectos de NdC: Indeterminado.
- Busquem comparar as ideias colocadas no primeiro MC de vocês com as possíveis novas ideais apresentadas nesse momento. Houve mudanças? Se sim, acrescente-as ou as modifique no novo MC construído.

  OBS.: Essas orientações podem ser úteis para que vocês organizem suas ideias no momento de montarem por exemplo o MC de previsão do grupo e/ou desenho. As orientações de construção de um MC serão disponibilizadas por meio de slides.

  Adendo: Comparando as duas mentalizações até aqui desenvolvidas, percebe-se que esta última apresenta características muito complexas em relação a realidade dos estudantes. Nesse sentido, torna-se interessante a proposição de questões que discutam as características da NdC que se relacionam a esses dois momentos. A seguir apresentamos algumas propostas:

1) Analisando as duas mentalizações para os sistemas investigados, qual delas foi a mais complexa ou mesmo apresentou alguma dificuldade na elaboração de hipóteses? Apresente detalhes que determinaram essa dificuldade.
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Complexidade.

2) Quais são os obstáculos que um cientista pode enfrentar? Essas dificuldades são semelhantes com as que vocês vivenciaram? Por quê?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

3) Como o cientista age diante desses obstáculos?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

4) Como a discussão em grupo contribuiu para que vocês solucionassem as dificuldades apresentadas nesse momento?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Complexidade, Influência motivacional, Interação entre cientistas.

5) Houve alguma opinião preponderante de alguém do grupo? Se sim, o que fez com que vocês a escolhessem? Se não, quais características determinaram a paridade no pensamento?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Credibilidade, Aceitabilidade, Interação entre cientistas.

6) É importante o trabalho coletivo dentro da Ciência? Como ele ocorre?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Interação entre cientistas.

7) Como vocês lidaram com as incertezas nessa etapa com o objetivo de chegarem a um consenso?
Perfil da questão: QMT.
Aspectos de NdC: Incerteza, Interação entre cientistas.

Experimentação 2

Construção do modelo a partir do fenômeno observado e elaboração do MC_2 (pós-fenômeno).

Roteiro Parte B – SISTEMA 1: Água + $I_{2(s)}$ / SISTEMA 2: Sistema 1 + Hexano

Materiais e Reagentes (por grupo):

2 cristais de $I_{2(s)}$	Água destilada
2 tubos de ensaio	3 pipetas de pasteur
1 grade para os tubos	6 mL de hexano

1) Misture os componentes indicados em cada sistema. Em seguida, observe todos os fenômenos que ocorrerem e anotem os dados observados nos espaços abaixo.

Sistema 1: água (H_2O) + iodo (I_2)	**Sistema 2: sistema 1 + hexano (C_6H_{14})**

2) Compare os resultados observados com suas previsões e tente justificar possíveis diferenças.

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

3) Analise se o modelo inicial, proposto no segundo encontro pelo grupo, explica todos os resultados observados no experimento. Caso não explique, proponha um novo modelo com os ajustes que acharem necessários. Descreva abaixo os ajustes feitos.

Essa seria a etapa de TESTE do modelo produzido, onde iremos mentalizar ou se necessário analisarmos novamente a experimentação 2 para verificarmos se realmente o modelo produzido por cada grupo se adequa aos fenômenos

observados durante a experimentação já realizada. Caso não se aplique iremos realizar as modificações devidas ou se necessário construir um novo modelo.

4) Na correção ou reformulação do modelo submicroscópico para o SISTEMA 2 siga as etapas que vocês acham que um cientista realizaria. Utilize “bolinhas de isopor” de diversos tamanhos e os materiais disponibilizados para o grupo.

Materiais (por grupo):

1 caixa de massinha de modelar;
1 caixa de giz de cera;
Bolinhas de isopor de tamanhos variados;
1 caixa de palitos de dente;
Folhas A4 ou cartolinas;
1 Tesoura;
1 Cola;

5) Quais são as propriedades químicas de cada componente dos sistemas 1 e 2?
Perfil da questão: QCP.
Aspectos de NdC: Indeterminado.

6) Essas propriedades interferem no processo da dissolução? Justifique, descrevendo como o modelo de vocês explica cada umas dessas propriedades.
Perfil da questão: QCP e QRM.
Aspectos de NdC: Representação.

7) Durante a construção do modelo, foi difícil imaginar os átomos, as moléculas?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Representação, Limitação, Criatividade, Subjetividade.

Ao final dessa atividade é importante que o professor destine um momento para que seja feita uma nova socialização, breve, mas com o foco nas modificações que os estudantes atribuíram ao modelo. Nesse sentido, cabe nesse momento a inclusão de novas questões que mobilizem aspectos de NdC, uma vez que entender a importância dos testes na Ciência é fundamental para que os estudantes percebam os caminhos necessários para que um conhecimento científico seja validado. A seguir, apresentaremos algumas propostas de questões:

1) Quais são os princípios que regem o fazer científico?
Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Ética.

2) Dos modelos desenvolvidos, qual deles vocês classificariam como sendo o melhor? Por quê?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Representação.

3) Pensando em um contexto mais amplo, como a Ciência funciona?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Epistemologia, Ética, Lógica.

4) A Ciência é produzida por pessoas com diferentes pensamentos. Como essas visões de mundo estão presentes no fazer Ciência?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Interação entre cientistas, Influência sociopolítica, Influência Cultural, Influência histórica, Epistemologia.

5) Em algum momento até aqui, vocês precisaram testar seus modelos? Como e por quê?

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Representação, Epistemologia, Racionalidade, Falibilidade.

6) Como um modelo é validado?

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Representação, Objetivos, Modos de comunicação, Aceitabilidade.

7) Na sua visão, quais são as principais características de um cientista?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Personalidade, Inteligência, Objetividade.

8) O que é necessário para ser um cientista?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Credibilidade, Inteligência, Personalidade, Papéis.

9) Como você imagina que um cientista lida com a sua vida profissional e pessoal?

6. QUARTO MOMENTO: MOBILIZANDO A ETAPA DE *AVALIAÇÃO*

Esse momento é muito importante para que sejam levantadas as limitações do modelo, bem como a extensão de seu emprego. Esta etapa permite a formulação de novas hipóteses e a previsão do comportamento desse modelo em outras situações, além da proposição de novos experimentos e demonstrações, com novas interpretações e críticas ao modelo. Esta etapa enfatiza os modelos como uma criação humana, sujeita a mudanças e com limitações inerentes.

1) Considere o fato de os peixes conseguirem respirar debaixo d'água, o que está associado à presença de gás oxigênio nesse meio. O modelo elaborado pelo grupo consegue explicar esse caso de dissolução? Se não, explique o que não seria explicado pelo modelo criado.

Situação problema que tem como propósito entrarmos na etapa de AVALIAÇÃO. Momento no qual irá identificar a abrangência do modelo final, ou seja, o âmbito de validade do modelo elaborado e das suas limitações a partir da contraposição do modelo com seus objetivos iniciais e da tentativa de usá-lo em outros contextos.

2) Momento de reflexão de cada modelo construído.

Esse momento é destinado a uma nova socialização, onde os estudantes terão mais uma oportunidade de apresentarem suas novas ideias para o contexto em que o modelo foi aplicado, bem como as limitações e/ou abrangências que ele apresente.

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

3) Após a construção e/ou correção do modelo final, construam um novo MC que relacione todas as aplicações do modelo de vocês com o fenômeno observado no SISTEMA 2.

a) Descreva as etapas que vocês seguiram para a construção do modelo também nesse MC.

b) Apresente nesse MC as possíveis correções que foram feitas durante as discussões (antes e depois).

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Indeterminado.

4) Cite as facilidades e dificuldades durante a construção do modelo de vocês? Justifique.

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Limitação, Representação, Complexidade, Falibilidade.

5) O modelo criado por vocês é verdadeiro, ou seja, ele representa a realidade? Justifique.

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Representação, Objetivos, Epistemologia.

6) Quais seriam os meios mais eficazes para se divulgar uma descoberta científica?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Modos de comunicação, Objetivos, Garantia de confiabilidade.

7) Qual a importância dos recursos utilizados na elaboração de um modelo?

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Fonte de financiamento.

8) Quais são as fontes de financiamento para que um cientista desenvolva seu estudo?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Fonte de financiamento, Investimento econômico.

9) Analisando os modelos propostos pelos seus colegas, qual deles é o mais viável na explicação do fenômeno da dissolução? Por quê?

Perfil da questão: QRM.

Aspectos de NdC: Produtividade, Viabilidade, Aplicabilidade.

10) Quais são os impactos da Ciência na economia?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Acesso ao conhecimento, Competitividade, Produtividade, Publicidade.

11) Agora reflita, quais são os impactos da economia na Ciência?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Fonte de financiamento, Investimento econômico, Limitação, Influência motivacional.

12) Das etapas vivenciadas até aqui, qual delas foi a mais importante para a construção do modelo final? Detalhe seu pensamento.

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Limitação, Interação entre cientistas, Objetivos, Racionalidade, Representação.

13) O processo que vocês vivenciaram na construção de modelos é comum na Ciência? Justifique.

Perfil da questão: QPM.

Aspectos de NdC: Epistemologia, Modos de comunicação, Interação entre cientistas, Aceitabilidade.

14) Se vocês tivessem recursos financeiros infinitos, o que fariam para melhorar o modelo de vocês?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

15) Qual a forma mais eficiente de divulgação científica? Como esse meio de comunicação funciona?

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

16) Quais caminhos são necessários para que um conhecimento científico seja considerado válido? Relacione com o processo vivenciado até aqui.

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

17) O que mais chamou a atenção de vocês na atividade produzida? Descreva sucintamente.

Perfil da questão: QMT.

Aspectos de NdC: Complexidade, Limitação, Falibilidade, Influência motivacional, Objetividade.

7. IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA

No contexto profissional, acreditamos trazer contribuições relevantes, com caminhos reais e práticos. Professores de Química, mesmo sem ter um conhecimento teórico profundo sobre modelagem ou NdC, desenvolver em um contexto específico e planejado de suas aulas, um processo que valorize a contextualização de temas reais e relevantes para o desenvolvimento ou uso de algum conhecimento científico curricular para aprimorar as visões dos estudantes sobre como o processo científico é desenvolvido. Essa contribuição está associada aos perfis das questões que classificamos nessa pesquisa, que podem de alguma maneira direcionar o docente a obtenção de bons resultados de aprendizagem, com mais confiança do que por outros meios.

A criação de um produto educacional que relaciona atividades fundamentadas em modelagem com a natureza da ciência pode ter várias implicações positivas para auxiliar na prática docente. Portanto, analisando o papel contributivo das atividades aqui propostas, fica explícito que a modelagem é uma abordagem que incentiva os estudantes a questionar, analisar e compreender o mundo ao seu redor. Ao relacionar essas atividades com a NdC, os estudantes são incentivados a pensar de maneira crítica sobre como o conhecimento científico é construído e revisado ao longo do tempo.

A modelagem muitas vezes envolve a integração de conceitos de várias disciplinas. Isso pode ajudar os professores a mostrar aos alunos como a Ciência não é uma entidade isolada, mas sim uma disciplina que se baseia em princípios de matemática, física, química e outras áreas. Isso pode enriquecer a compreensão dos alunos sobre a Ciência. Logo, as atividades fundamentadas em modelagem frequentemente envolvem a resolução de problemas do mundo real. Isso pode tornar o aprendizado mais prático e relevante para os alunos, ajudando-os a ver como a ciência é aplicada em situações do cotidiano.

Nesse sentido, a NdC envolve a compreensão de conceitos como a incerteza, a revisão de teorias à luz de novas evidências, a importância da colaboração e a natureza provisória do conhecimento científico. Integrar esses conceitos nas atividades de modelagem ajuda os estudantes a desenvolver uma compreensão mais profunda e coerente da própria Ciência.

Ao analisarmos o desenvolvimento de habilidades práticas, percebemos que a modelagem, por envolver a coleta e análise de dados, a formulação de hipóteses, a construção de modelos e a apresentação de resultados, consequentemente acabam ajudando os estudantes a desenvolver habilidades práticas que são essenciais na prática científica real. Nesse mesmo contexto pensar no engajamento de todos os envolvidos torna o processo ainda mais dinâmico. Sendo assim, a modelagem pode ser uma abordagem envolvente para o ensino, pois permite que os estudantes participem ativamente na criação de conhecimento. Isso pode aumentar o interesse dos alunos pela ciência e motivá-los a se envolverem mais profundamente no assunto.

Acreditamos que essas atividades, por estarem ligadas a produção de modelos, muitas vezes envolve a criação de produtos ou soluções concretas. Isso pode facilitar a avaliação do aprendizado dos estudantes, já que os professores podem observar diretamente o trabalho que eles desenvolveram e seus resultados.

7.1. Descobrindo Inspirações: Sugestões de Temas para Atividades de Modelagem na Educação em Ciências

Apresentamos aqui, algumas sugestões envolvendo temas sociocientíficos e temas que já foram propostos por alguns professores e pesquisadores para se trabalhar conhecimentos científicos curriculares de Química por meio de atividades de modelagem.

7.1.1. Temas sociocientíficos

I. Sustentabilidade e meio ambiente: Modelagem de sistemas ambientais para entender questões como mudanças climáticas, poluição, gestão de recursos naturais, impacto de desastres naturais, entre outros.

II. Biotecnologia e segurança alimentar: Modelagem dos impactos do uso de pesticidas, estudo de técnicas de produção de alimentos geneticamente modificados, entre outros.

III. Energia e recursos: Modelagem de fontes de energia renovável, estudos de eficiência energética, políticas de utilização de recursos naturais, entre outros.

7.1.2. Temas curriculares de Química

I. Equilíbrio químico: Explorar as condições que prejudicam o equilíbrio em respostas químicas, como o Princípio de Le Chatelier, e modelar como as concentrações de produtos e reagentes mudam ao longo do tempo (MAIA e JUSTI, 2009).

II. Soluções e equilíbrio iônico: Modelar a dissolução de solutos em solventes, a concentração de íons em soluções, a solubilidade e a formação de precipitados (MOZZER, 2013; SILVA e MAIA, 2020).

III. Termodinâmica: Modelar processos termodinâmicos, como mudanças de estado, variações de entalpia e entropia, e a lei zero da termodinâmica (SOUZA e JUSTI, 2011).

8. REFERÊNCIAS

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. 1 ed. Springer International Publishing, 2016. (Models and Modelling in Science Education. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

KAWALKAR, A.; VIJAPURKAR, J. Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. **International Journal of Science Education**, 35, n. 12, p. 2004-2027, 2013/08/01, 2013. DOI: https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Modelagem e o "fazer ciência". **Química nova na escola**, 28, p. 32-36, 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. **International Journal of Science Education**, 31, n. 5, p. 603-630, 2009/03/15, 2009. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690802538045.

MEC. PCN+ do Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. EDUCAÇÃO, M. d. Brasília: MEC. 2**:** 141 p. 2002. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/pcn/CienciasNatureza.pdf

MEHAN, H. **Learning Lessons: Social Organization in the Classroom**. Cambridge, MA and London, England: Harvard University Press, 1979. (Learning Lessons. DOI: https://doi.org/10.4159/harvard.9780674420106

MOZZER, N. B. **O Entendimento Conceitual do Processo de Dissolução a partir da Elaboração de Modelos e sob a Perspectiva da Teoria de Campos Conceituais**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2013. 263 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9FUG8A.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J. H. *et al.* Selection of Authentic Modelling Practices as Contexts for Chemistry Education. **International Journal of Science Education**, 30, n. 14, p. 1867-1890, 2008/11/17, 2008. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690701581823.

SANTOS, M.; MAIA, P. F.; 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, 20, n. u, 07/15, 2020. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u581616.

SANTOS, M. A. R. **Conhecimentos de natureza da ciência mobilizados e relacionados a outros conhecimentos por um futuro professor de Química em situações de ensino autênticas**. Orientador: JUSTI, R. d. S. 2023. 302 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/54645.

SILVA, A. C. A. d.; DUARTE, F. C. T.; SILVA, P. S. As práticas discursivas no ensino de química: um estudo das aulas dos licenciandos do programa institucional de bolsas de iniciação à docência. **ACTIO: Docência em Ciências**, 3, n. 2, p. 195-213, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.3895/actio.v3n2.7594.

SILVA JÚNIOR, A. d. J.; SANTOS, B. F. d. Um Modelo Multidisciplinar para a Análise do Discurso em Aulas de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, 25, n. 3, p. 537-556, 12/26, 2020. DOI: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p537.

SILVA, R. L. d.; SOUZA, G. d. S. M.; SANTOS, B. F. d. Questionamentos em Aulas de Química: Um Estudo Comparativo da Prática Pedagógica em Diferentes Contextos Sociais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1, n. 2, p. 69-96, 04/30, 2018. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec201818169.

SILVA, W. V. M.; MAIA, P. F. A Construção de Significados para o Fenômeno da Dissolução Fundamentado pela Modelagem. *In*: 2º Encontro de Ensino de Ciências por Investigação, 2020, UFMG - Belo Horizonte. p. 6. DOI: https://doi.org/10.29327/125492.1-5.

SOUZA, V. C. d. A.; JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 10, n. 2, 02/05, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3978.

ANEXO A - ATIVIDADES DE MODELAGEM PARA O TEMA PLÁSTICOS

Neste anexo, apresentamos todas as 14 atividades que estão associadas ao processo de modelagem para o tema plásticos. Todas elas tiveram como objetivo inserir contextos distintos ao longo da vivência tida pelos estudantes. Portanto, é possível percebermos que as atividades se concentraram inicialmente na ambientação dos estudantes em um contexto cotidiano, em seguida iniciam sua investigação mais detalhada em um contexto científico e por fim, finalizam a proposta em uma análise mais ampla dentro de um contexto sociocientífico.

Atividade 1 – Construindo o conhecimento de uma maneira diferente

Provavelmente você já utilizou, ou conhece alguém que utilizou, máquinas de vender latas de refrigerante. Mas, você já pensou em como esse equipamento funciona? Pois bem, esse será nosso desafio nesta Atividade!

1. Elabore um modelo que explique como funciona uma máquina de vender latas de refrigerante. Explique todas as características de seu modelo por escrito.

Atividade 2 – Testando nossos modelos

Agora, teremos a oportunidade de testar nossos modelos visando analisar em que extensão eles satisfazem os objetivos para os quais foram elaborados.

*No **quadro 2.1** são apresentadas duas condições na qual uma máquina de vender latas de refrigerante é submetida, assim como os aspectos observados em cada uma delas.*

Condição	***Observações***
***1.** Deixar a máquina desligada da tomada e, em seguida, colocar a moeda.*	*O refrigerante não é servido.*
***2.** Desligar a máquina da tomada por duas horas. Ligar novamente e colocar a moeda.*	*A máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a funcionar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido.*

***Quadro 2.1 -** Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.*

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar essas observações? **Por quê?**[20]

2. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 1**:

   Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para essas observações?

3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**, reformule o modelo de modo que ele consiga explicar as observações. A seguir, responda:

   a. Como seu novo modelo é capaz de explicar essas observações?

   b. O que você diria para convencer os outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para explicar as observações?

[20] Os espaços em branco destinados às respostas dos estudantes foram omitidos nesta versão do material.

Atividade 3 – Utilizando o modelo em outra situação

Agora, teremos a oportunidade de avaliar nossos modelos em outra situação: pensando em um caixa eletrônico.

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico?

   ☐ Sim ☐ Não ☐ Em partes

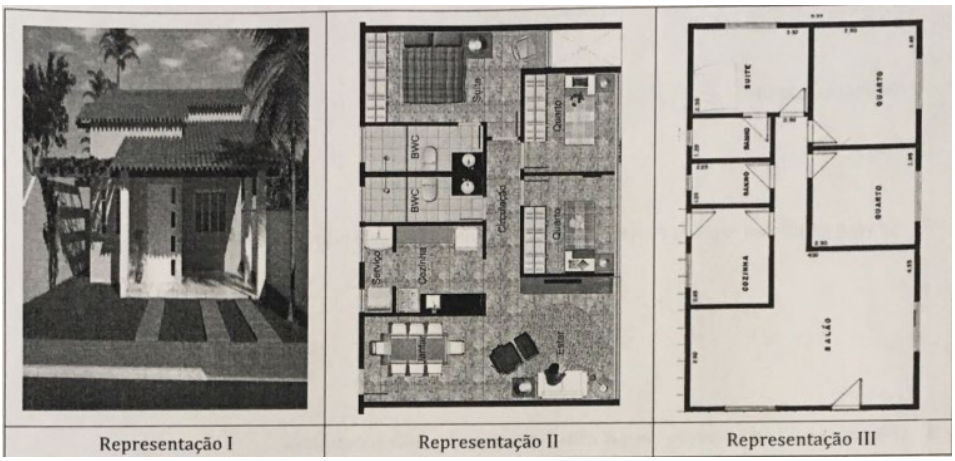
2. Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo é capaz de explicar? **Por quê**?

3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**:

   Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo não é capaz de explicar? **Por quê**?

Atividade 4 – O papel das representações

*Abaixo são apresentados três modos de representação (**I, II** e **III**) de casa. Observe cada um deles e responda as questões que se seguem.*



1. Explique o que cada representação consegue ou não explicar sobre a casa. **Justifique sua resposta.**

   Representação I: **Representação II:** **Representação III:**

2. Todas as representações cumprem o objetivo de representar a casa da mesma maneira? **Por quê?**

3. Quais aspectos da casa as representações não levam em consideração?

   Representação I: **Representação II:** **Representação III:**

4. Se você precisasse explicar a casa para um amigo, qual representação utilizaria? **Por quê?**

5. Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada.

Representação I:

Representação II:

Representação III:

Atividade 5 – Pensando sobre os plásticos

Você já pensou na constituição dos objetos que utiliza durante o dia? Vamos fazer uma atividade sobre um grupo desses objetos: os que são genericamente chamados de plásticos. Você deverá fazer uma lista de todos os objetos plásticos que usa em um dia. A lista deve conter o nome do objeto, a quantidade utilizada, a finalidade do uso e qual o destino dado ao objeto após utilização (jogar no lixo, guardar, reutilizar, entre outros). Para organizar seu registro, sugerimos a elaboração de um quadro (vide exemplo) com quatro colunas: na primeira, você identificará o objeto; na segunda, a quantidade que você utiliza dele; na terceira, com qual finalidade o objeto foi utilizado e, na quarta, o que é feito com o objeto posteriormente. Em seu quadro, preencha quantas linhas forem necessárias para registrar todos os objetos plásticos que você usa ao longo de um dia.

Objeto	***Quantidade utilizada***	***Finalidade do uso***	***Destino dado após utilização***

Quadro 5.1 - *Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino.*

Atividade 6 – Características de diferentes objetos plásticos

Hoje teremos a oportunidade de estudar um pouco mais sobre os plásticos. Nosso objetivo é tentar explicar por que os plásticos apresentam comportamentos diferentes.

Você receberá dois objetos plásticos: um pedaço de sacola (como as disponibilizadas em supermercados) e um pedaço da carcaça de uma TV antiga. Você deverá tentar dobrar cada objeto. Porém, antes de realizar esse procedimento, faça uma previsão do que deve acontecer com cada um deles, e anote-as no ***quadro 6.1.***

Objetos	***Previsões***
Sacola	
Carcaça de TV	

Quadro 6.1 - *Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.*

1. Como você justifica suas previsões?

Tente dobrar cada um dos objetos. Anote suas observações no ***quadro 6.2.***

Objetos	***Observações***
Sacola	
Carcaça de TV	

Quadro 6.2 - *Observações após tentativa de dobrar os objetos.*

2. Suas previsões se concretizaram? **Por quê?**

3. A sacola e a carcaça de TV tiveram o mesmo comportamento? **Por quê?**

Atividade 7 – Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos

Seu grupo receberá vários materiais (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros) que poderão ser usados para responder as questões a seguir:

1. Considerando o que você observou e respondeu na **Atividade 6**, elabore modelo(s) que explique(m), no nível submicroscópico, o que aconteceu com a sacola e a carcaça de TV **após** a tentativa de dobrar cada objeto.

2. Independente do material utilizado para construir seu(s) modelo(s):

a. Explique todas as características de seu modelo por escrito. Se necessário, faça também desenhos.

b. Justifique o motivo de ter utilizado cada material selecionado.

3. Usando o(s) modelo(s) que seu grupo elaborou, você consegue explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV)? **Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?**

4. Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV) nos procedimentos realizados na **Atividade 6**.

Atividade 8 – Testando nossos modelos

Para a realização desta atividade, você observará os resultados de outro procedimento realizado com os objetos sacola e carcaça de TV: o aquecimento dos mesmos. Porém, ***antes*** *de observar esse procedimento, faça* ***previsões*** *sobre o que deve acontecer com cada um dos objetos, anotando-as no* ***quadro 8.1.***

Objetos	***Previsões antes do aquecimento***
Sacola	
Carcaça de TV	

Quadro 8.1 - *Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV antes do seu aquecimento.*

1. Seu modelo anterior explica as **previsões** registradas no **quadro 8.1? Como?**

Considerando os perigos envolvidos no aquecimento de objetos em sala de aula, você assistirá um vídeo que exibe um procedimento no qual os objetos sacola e carcaça de TV são submetidos ao aquecimento. Anote suas observações no ***quadro 8.2.***

Objetos	***Observações após o aquecimento***
Sacola	
Carcaça de TV	

Quadro 8.2 - *Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.*

2. As observações realizadas após o procedimento estão de acordo com as previsões do seu grupo?

3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê**?

4. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 3**:

Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os comportamentos observados para sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento?

5. Em caso de resposta **negativa** à **questão 3**, reformule o(s) modelo(s) de modo que ele(s) consiga(m) explicar as observações. Registre seu novo modelo e responda:

a. Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?

b. Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações?

Atividade 9 – Utilizando nossos modelos em outra situação

Seu grupo receberá um pedaço de pneu. Com ele, você deverá realizar os mesmos procedimentos realizados para a sacola e o pedaço de carcaça de TV. Dessa maneira, você deverá tentar dobrá-lo e observar o vídeo que exibe seu aquecimento. Porém, ***antes*** *de realizar o procedimento e observar o vídeo, faça previsões do que deve acontecer após a realização dos mesmos e anote-as no* ***quadro 9.1****.*

Procedimento	***Previsões***
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

Quadro 9.1: *Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento antes do seu aquecimento.*

1. O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacola ou com o da carcaça de TV? **Por quê?**

2. *Agora tente-o dobrar e observe o vídeo do aquecimento do pedaço de pneu. Anote suas observações no* ***quadro 9.2****.*

Procedimento	***Observações***
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

Quadro 9.2: *Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.*

2. As observações feitas a partir do procedimento realizado e observado em vídeo estão de acordo com as previsões do seu grupo?

3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê**?

4. Em caso de resposta afirmativa à **questão 3**:

Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar essas observações?

5. Em caso de resposta **negativa** à **questão 3**, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usados para explicar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros). Registre seu novo modelo e responda:

   a. Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?

   b. Caso você tenha utilizado materiais diferentes, **justifique** sua nova opção.

   c. Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações?

Atividade 10 – Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos

PARTE A: TEXTO

Assembleia Geral: Acúmulo de Plásticos

Em uma comunidade próxima à Belo Horizonte, várias pessoas foram convocadas para uma assembleia geral sobre o tema *"Acúmulo de Plásticos"* que aconteceu na Escola Estadual Aprendendo a Criar. Dentre essas pessoas estavam: os donos da indústria Total Flex, a proprietária do restaurante Sabor Mineiro, os moradores ribeirinhos, o pessoal da associação de bairro União faz a Força, o dono da borracharia João do Pneu, um representante da COPASA, uma funcionária da Zoonose que combate à dengue, e os estudantes da escola. Além disso, todos os membros da comunidade que desejassem poderiam participar da assembleia.

A diretora da escola fez o primeiro pronunciamento para introduzir o assunto e, assim, começar as discussões.

(Diretora) – *Bom dia a todos! Estamos aqui para conversar sobre o acúmulo de plásticos em nossa comunidade. Esse é um problema que vem atingindo todos nós há algum tempo e precisamos tomar algumas providências. Vamos começar com os depoimentos sobre os problemas causados. Quem gostaria de começar?*

(Representante da COPASA) – *Bom dia! Vim reportar a dificuldade que estamos enfrentando no tratamento da água que chega à nossa estação pelo Rio Baixo. É uma catástrofe! Há muitas sacolas no curso d'água. Tantas que chegam a entupir a grade. Isso está dificultando que a água chegue em nossa estação de tratamento! Parece até que a comunidade não tem serviço de coleta de lixo.*

(Mãe de um estudante da escola, indignada) – *O bairro tem coleta de lixo sim! O pessoal que mora perto do rio é quem não respeita.*

(Moradora ribeirinha) – *O caminhão só para no quarteirão de cima. Colocamos o lixo na esquina, mas a chuva arrasta para o rio. Não é nossa culpa!*

(Funcionária da Zoonose que combate à dengue, revoltada) – *Mas não é só sacola que entope a grade! Temos também muitos problemas nessa região com pneus e carcaças de aparelhos eletrônicos, que são jogados nas ruas e matas. O formato desses materiais pode contribuir para que haja acúmulo de água, minha gente! Já encontrei vários focos de dengue! Parece que vocês não entendem o perigo!*

(Borracheiro, nervoso) – *Mas os pneus vão ficar onde? Eu tento remendar até não conseguir mais, depois preciso jogar em algum lugar. Você acha que tem espaço suficiente na minha oficina? É pequena demais! Ou jogo lá ou queimo!*

(Moradora) – *Queimar? Você é louco! Isso solta fumaça demais, suja as casas de todos que estão situados ao redor da sua borracharia!*

(Estudante) – *Fora que toda essa fumaça liberada, além de causar muita sujeira, é tóxica! A gente estudou isso nas aulas de Química.*

(Professor de Geografia da escola) – *Sim, pessoal! A queima de determinados objetos plásticos libera para o ambiente várias substâncias tóxicas, não só para nós como para o meio ambiente. Além disso, vocês já ouviram falar da intensificação do efeito estufa, de aquecimento global?*

(Morador) – *Não, nunca ouvi! E sobre essas carcaças, você está falando de TV, computador e celulares antigos? Vamos ter que guardar todo esse "entulho" em casa agora? Não tem espaço na minha casa para deixar essas coisas!*

Os moradores começaram a discutir. Cada um deles tentava falar mais alto do que o outro. Um dos moradores disse que viu o outro jogar pneu no rio; outros disseram que o fato de as carcaças não possuírem um destino adequado após não terem mais utilidade está associado à evolução tecnológica, visto que esta favorece que tudo fique velho muito rápido. Vários moradores alegaram que a população ribeirinha era a culpada de jogar as sacolas nas ruas e nos rios, e alguns colocaram a culpa nos cachorros e cavalos que comem tudo pelas esquinas e deixam as sacolas jogadas. Foi uma total confusão! Até que a diretora pegou o microfone e colocou ordem na assembleia.

(Diretora) – *Pessoal, vamos ser civilizados! Levantem a mão, por gentileza. Em seguida, ela deu o poder de fala ao primeiro que se comportou assim.*

(Membro da associação do bairro) – *Nossa comunidade produz muito resíduo plástico! Todas as semanas a equipe de limpeza da nossa associação vai a algum ponto do bairro realizar a limpeza, mas é impossível recolher tudo!*

(Dono da indústria) – *Tudo que produzimos de resíduo plástico é devidamente embalado e levado pelo caminhão para o lixão. Não estamos contribuindo para essa poluição de que falam.*

(Morador) – *Como não, senhor? O lixão fica aqui ao lado! Todas as semanas o caminhão de sua empresa despeja uma caçamba cheia de resíduos plásticos lá. Uma hora não vai caber mais!*

(Dona do restaurante, tentando se defender) – *Mas o que faremos, então? Meu restaurante também produz muito resíduo plástico. Tudo é embalado em plástico: comidas, refrigerantes, doces, os temperos, até os palitos de dente! Nós temos que jogar em algum lugar!*

Um estudante da escola levantou a mão discretamente e a diretora lhe deu o direito de falar.

(Estudante) – *Pessoal, recentemente, as professoras de Química e Biologia nos pediram para que realizássemos uma pesquisa simples sobre os impactos causados pelos plásticos no meio ambiente e para nós. Eu percebi que eles são muitos e perigosos, além de demorarem muito para sumir…*

(Professora de Química, corrigindo) – *Degradar.*

(Estudante, triste, mas com esperança de influenciar as pessoas com suas palavras) – *Isso, degradar! Os plásticos quando jogados nas matas e rios permanecem nesses locais por mais tempo do que nós mesmos podemos viver. E se a gente não der um jeito nisso logo, daqui a pouco não restará espaço nem mesmo para nós, pois os plásticos irão ocupar tudo. Não adianta brigar, precisamos resolver o problema.*

Em seguida, um silêncio se instalou durante um momento, todos estavam pensativos em relação à quantidade de plásticos que eram jogados todos os dias no lixão, nas ruas e no rio.

(Outro estudante) – *Todos nós temos culpa! Vocês já pararam para pensar sobre a quantidade de plásticos que usamos e jogamos fora todos os dias? É muito plástico!*

(Diretora, olhando esperançosa para os estudantes) – *Como poderíamos solucionar esse problema?*

Todos ficaram pensativos em silêncio. Até que um murmurinho começou entre alguns estudantes. Poucos minutos depois uma aluna disse:

(Aluna, toda confiante) – *Eu e meus amigos pensamos em uma solução. Achamos que seria muito vantajoso para toda a comunidade se começássemos a reciclar todos os materiais plásticos que descartamos.*

(Diretora, contente com seus estudantes) – *Acho que seria uma ótima ideia!*

Todos concordaram e comentaram a astúcia dos estudantes. Em seguida, a diretora finalizou a assembleia pedindo que os estudantes pesquisassem mais profundamente sobre a reciclagem e tudo que está envolvido no processo. Para isso eles deveriam contar também com a ajuda dos presentes.

Na próxima assembleia, marcada para 15 dias depois, os estudantes deveriam apresentar para a comunidade o modelo que pretendem instalar para solucionar o problema de acúmulo de plásticos.

PARTE B: ATIVIDADE

Agora, você terá oportunidade de participar dessa discussão ao propor modelos para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos baseado na reciclagem desses materiais. Esse problema, como discutimos em aulas anteriores, é de ordem mundial. Durante a elaboração de seu modelo, é importante que você considere e justifique todos os aspectos que achar importantes e necessários para a elaboração do mesmo. Além disso, você deve apresentar e justificar como esse modelo irá impactar (positiva e negativamente) a comunidade. Tudo deve estar contido em seu modelo.

1. Escolha o objeto plástico (sacola, carcaça de TV ou pneu) para ser reciclado.

   a. Por que você escolheu esse objeto para ser reciclado?

   b. Você poderia escolher outro objeto? **Por quê?**

2. Construa um modelo para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos a partir da reciclagem desses materiais (considerando o objeto que você escolheu na **questão 1**). Seu modelo deve conter todos os aspectos que considerar relevantes para solucionar o problema.

3. Quais aspectos você considerou para elaborar seu modelo? **Por quê?**

4. **a.** Seu modelo possui algum(s) aspecto(s) que você não consegue representar?

   b. Qual(is)?

   c. Por que não foi possível representar tal (tais) aspecto(s)?

Atividade 11 – Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos?

Agora, você terá a oportunidade de testar seu modelo elaborado para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos baseado na reciclagem visando analisar em que extensão ele satisfaz os objetivos para os quais foi elaborado.

1. O seu modelo é capaz de explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem desse objeto plástico. Em caso afirmativo, **como?**

2. O seu modelo considera a possibilidade de geração de empregos para a comunidade durante o processo de reciclagem desse objeto plástico? Em caso afirmativo, **como? Quais** as consequências disso?

3. O seu modelo é capaz de explicar os impactos ambientais (positivos e negativos) envolvidos tanto no processo de reciclagem desse objeto plástico quanto na utilização do produto obtido a partir desse processo? Em caso afirmativo, **como?**

4. Como você convenceria os integrantes dos outros grupos de que seu modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas **questões 1**, **2** e **3**.

5. Em caso de resposta **negativa** às **questões 1**, **2** e **3** (ou a alguma delas), reformule o modelo de forma que, com ele, você consiga explicar tais aspectos.

   a. Registre seu novo modelo.

   b. Como o novo modelo é capaz de explicar os aspectos que seu modelo anterior não explicava?

   c. Como você convenceria os outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas **questões 1, 2** e **3**?

Atividade 12 – Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios

Leia o trecho abaixo, que consiste na continuação do texto inicial. Em seguida, responda as questões.

15 dias depois…

(Diretora, confiante) – *Então, pessoal, como foram as pesquisas?*

(Aluna, desanimada) – *Nada bem… Descobrimos várias desvantagens para o processo de reciclagem. Sem falar que ele não pode ser utilizado para materiais termofixos.*

(Morador, surpreso) – *Termofixo? O que é isso?*

(Aluno, tentando ser claro) – *Existem dois tipos de plástico. Os termoplásticos, que podem ser reciclados; e os termofixos, que não podem. A sacola é termoplástica, mas as carcaças de TV e os pneus, celulares e computadores (carcaças) são termofixos.*

(Funcionária da Zoonose, tentando valorizar a ideia inicial dos estudantes) – *Mas se a reciclagem servir para as sacolas já será de grande ajuda, meninos!*

(Aluna, desanimada) – *Sim, mas o próprio processo de reciclagem pode ser muito complicado. Gera muitos resíduos, consome muita água e energia, as máquinas são caras e precisamos de cursos para conseguir realizar o processo. Ou seja, não conseguiremos se não tivermos apoio do governo ou de alguma empresa especializada.*

Todos estavam cabisbaixos, pois achavam que os estudantes trariam boas notícias. Ficaram pensativos, até que o representante da COPASA se levantou e disse:

(Representante da COPASA, aflito) – *Não vamos desistir de resolver o problema por causa desse obstáculo! Vamos lá pessoal! O que mais podemos fazer?*

A partir da leitura do trecho e considerando o que discutimos na atividade anterior, percebemos que a reciclagem, apesar de suas vantagens, possui algumas desvantagens. Então, vamos pensar: O que mais podemos fazer?

Para começarmos a pensar, responda as seguintes questões:

1. Quais as vantagens do processo de reciclagem? **Por que** elas são vantagens?

2. Quais as desvantagens do processo de reciclagem? **Por que** elas são desvantagens?

3. Quando podemos usar a reciclagem? **Por quê?**

4. A reciclagem resolveu o problema levantado na assembleia? **Por quê?**

5. Há alguma maneira de modificar o seu modelo para que ele seja a solução do problema levantado na assembleia? **Se sim, como? Se não, por quê?**

6. Que outras soluções a comunidade poderia utilizar para o acúmulo de sacolas, carcaça de TV e pneu? **Como? Por quê?**

Atividade 13 – Uma proposta

Elabore um documento escrito, endereçado à diretora da escola mencionada no texto, descrevendo como a comunidade poderia resolver o problema do acúmulo de plásticos, considerando todas as soluções possíveis, todos os objetos plásticos presentes e todos os aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos já discutidos nesta atividade e na anterior. Seu texto deve conter também justificativas relacionadas aos principais aspectos de sua proposta.