



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JOSÉ JULIO GOMES DA SILVA

**ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE
ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades
cognitivas e metacognitivas.**

CARUARU
2022

JOSÉ JULIO GOMES DA SILVA

ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos

CARUARU

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586e Silva, José Julio Gomes da.
Ensino fundamentado em modelagem para os conceitos de estados de agregação da matéria: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas. / José Julio Gomes da Silva. – 2022.
102 f.; il.: 30 cm.

Orientador: José Ayrton Lira dos Anjos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2022.
Inclui Referências.

1. Modelos e construção de modelos – Pernambuco. 2. Ensino - Metodologia. 3. Aprendizagem cognitiva – Pernambuco. 4. Metacognição – Pernambuco. 5. Professores – Formação – Pernambuco. 6. Ciência – Estudo e ensino – Pernambuco. I. Anjos, José Ayrton Lira dos (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2022-067)

JOSE JULIO GOMES DA SILVA

ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em: 20 / 12 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof.^a Dr.^a Kátia Calligaris Rodrigues (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof.^a Dr.^a Analice de Almeida Lima (Examinadora Externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me permitir acordar todos os dias e me dar saúde para conseguir concluir mais essa etapa na minha vida, tendo o discernimento, a fé e a coragem necessária para concretizar esse desejo.

Agradeço a minha família, por todo apoio ao longo desses anos, com muito amor e carinho, não sendo diferente nesse momento, obrigado por toda compreensão, apoio, incentivo, foi muito importante para eu me sentisse fortalecido e pudesse concluir mais esse ciclo com sucesso.

Agradeço ao meu orientador, Professor José Ayrton, por todo suporte ao longo do curso, e não somente por isso, mas por toda compreensão e paciência com o processo, todas contribuições na construção desse trabalho e todas as parceiras que foram e serão firmadas a partir disso.

Agradeço as professoras Kátia Calligares e Analice Lima, por terem aceitado o convite para minha banca, e por todas as contribuições em ambos os momentos de apreciação do trabalho, qualificação e defesa, sem dúvidas elas foram essenciais para que o meu trabalho pudesse ter sido desenvolvido da melhor forma.

Minha gratidão também aos meus amigos, sejam aqueles que toparam desse do início a ideia de tentarmos ingressar no curso de mestrado, Saimon, Gerssyka, Laís, ou aqueles que estavam de fora, acompanhando tudo, Márcio, Neto, Ryanne, Taís em especial, pois foram eles que me suportaram durante todo esse momento, me apoiando e segurando nos meus momentos de crise, de desabafos, nos momentos que pensei em desistir, saibam que tenho uma enorme gratidão no meu coração, o apoio e a presença de vocês nesse momento foi essencial para que tivesse a força necessária para chegar até aqui.

Não poderia deixar de agradecer ao meu companheiro, a pessoa que está ao meu lado compartilhando dos momentos da minha vida, Filipe Lima, obrigado por tudo! Por todo carinho, amor, cuidado, incentivo, agradeço a Deus pelo presente que é ter você comigo, obrigado por acreditar mais em mim, do que até eu mesmo às vezes. Sei que compartilhamos da felicidade desse momento, como de muitos outros.

Agradeço também aos discentes voluntários desse estudo, pelo tempo dedicado a participar desse estudo e por todas as suas contribuições.

RESUMO

Ensinar ciências a partir de uma metodologia fundamentada em modelagem, consiste em inserir os estudantes em atividades de sucessivas construções de modelos. O que contribui não somente para uma construção adequada do conhecimento por eles, mas também para desenvolvimento de habilidades pertinentes ao processo de investigação científica. Habilidades essas que são requeridas e/ou utilizadas nas diferentes etapas do processo de modelagem e que colaboram para o desenvolvimento de um ensino de ciências mais autêntico. Nessa perspectiva, tinha-se como objetivo: analisar o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas a partir de uma proposta de ensino fundamentada na construção de modelos. Na intenção de atingir esse objetivo recorreu-se a uma metodologia de caráter qualitativo, contando com a participação de discentes do curso de Química-licenciatura, do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, localizado na cidade de Caruaru-Pernambuco. A construção dos dados desse estudo foi realizada em quatro momentos de encontro síncronos, em que foram realizadas atividades de modelagem e, posteriormente, entrevistas semiestruturadas com os participantes, ambas etapas em ambiente virtual. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram as atividades de modelagem desenvolvidas e as entrevistas. A partir deles foi possível identificar quais habilidades cognitivas e metacognitivas foram requisitadas aos estudantes na realização das diferentes etapas do processo de modelagem dentro do contexto deste estudo. Dessa forma, foi possível entender como estas habilidades estão relacionadas com as ações desempenhadas pelos discentes na construção dos seus modelos, e de que maneira elas colaboram para o aprimoramento deles. Além disso, foi possível tratar a respeito da relação das habilidades metacognitivas com o modelo metacognitivo e da própria relação entre as habilidades no processo de modelagem. Por fim, foram apontados alguns pontos, entendidos como limitações da metodologia de ensino proposta, e no que se refere também a aspectos metodológicos da pesquisa.

Palavras-chave: modelos; modelagem; habilidades cognitivas; habilidades metacognitivas.

ABSTRACT

Teaching science based on a methodology based on modeling consists of inserting students in activities involving the successive construction of models. This contributes not only to an adequate construction of knowledge by them, but also to the development of skills relevant to the scientific investigation process. Skills that are necessary and/or used in the different stages of the modeling process and that contribute to the development of a more authentic science teaching. From this perspective, the objective was: to analyze the development of cognitive and metacognitive skills based on a fundamental teaching proposal in model building. In order to achieve this objective, a qualitative methodology was used, with the participation of students of the Chemistry-licentiate course, from the Agreste Campus of the Federal University of Pernambuco, located in the city of Caruaru-Pernambuco. The construction of data for this study was carried out in four synchronous meeting moments, where modeling activities were carried out and later semi-structured interviews with the participants, both stages in a virtual environment. The data collection instruments used were the modeling activities developed and the interviews. From them, it was possible to identify which cognitive and metacognitive skills were required from students in carrying out the different stages of the modeling process within the context of this study. In this way, it was possible to understand how these skills are related to the actions performed by the students in the construction of their models, and in what way they collaborate for their improvement. In addition, it was possible to address the relationship between metacognitive skills and the metacognitive model and the relationship between skills in the modeling process. Finally, some points were pointed out, understood as limitations of the proposed teaching methodology, and also with regard to methodological aspects of the research.

Keywords: models; modeling; cognitive skills; metacognitive skills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama Modelo de Modelagem	20
Figura 2 – Etapas fundamentais no processo de modelagem	24
Figura 3 – Níveis de representação do conhecimento químico segundo Johnstone	25
Figura 4 – Modelo de monitoração cognitiva por Flavell (1979)	34
Figura 5 – Modelo metacognitivo proposto por Nelson e Narens (1996)	36
Figura 6 – Modelo elaborado pelo discente na atividade de modelagem 01	68
Figura 7 – Modelo elaborado pelo discente na atividade de modelagem 02	68
Figura 8 – Recorte da resolução da atividade de modelagem 03	70
Figura 9 – Recorte da resolução da atividade de modelagem 03	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Tipologia de modelos	16
Quadro 2 –	Modo de representação dos modelos	17
Quadro 3 –	Etapas do processo da modelagem e as habilidades cognitivas relacionadas	31
Quadro 4 –	Sistematização das atividades do Bloco I	49
Quadro 5 –	Etapas e subetapas do processo da modelagem e as habilidades cognitivas	53
Quadro 6 –	Ferramenta de análise das habilidades no processo de modelagem	55
Quadro 7 –	Informações sobre os participantes da pesquisa	60
Quadro 8 –	Habilidades Metacognitivas perante as atividades de controle e monitoramento	83
Quadro 9 –	Relação entre as habilidades cognitivas e metacognitivas nas etapas da modelagem	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS	15
2.2	ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM	18
2.3	MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA	24
2.4	MODELAGEM E AS HABILIDADES COGNITIVAS	28
2.5	MODELAGEM E AS HABILIDADES METAGONITIVAS	33
2.6	MODELOS MENTAIS E O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS	39
3	PROBLEMATIZAÇÃO	42
4	OBJETIVOS	43
4.1	OBJETIVO GERAL	43
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
5	METODOLOGIA	44
5.1	DESENHO DA PESQUISA	44
5.2	CONTEXTO DA PESQUISA	45
5.3	PARTICIPANTES DA PESQUISA	45
5.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	46
5.4.1	Critérios de inclusão	46
5.4.2	Critérios de exclusão	46
5.5	SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES	47
5.6	INTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	48
5.6.1	Entrevistas	48
5.6.2	Artefatos produzidos pelos discentes	48
5.7	PROCEDIMENTOS PARA COLETA DOS DADOS	49
5.7.1	Bloco I	49

5.7.2	Bloco II	50
6	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	51
6.1	RISCOS	51
6.2	BENEFÍCIOS	51
6.3	ARMAZENAMENTO DOS DADOS	52
7	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	53
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
8.1	HABILIDADES COGNITIVAS (HC)	60
8.2	HABILIDADES METACOGNITIVAS (HMC)	76
8.3	ASSOCIANDO HABILIDADES COGNITIVAS, METACOGNITVAS E O MODELO METACOGNITVO	81
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA: ATIVIDADES DE MODELAGEM	93
	APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA: ROTEIRO DE ENTREVISTAS	98
	ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	100
	ANEXO B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE	102

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O interesse pela presente pesquisa inserida na perspectiva do Ensino Fundamentado em Modelagem, surge a partir da experiência construída em meu trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química. No qual busquei analisar quais as contribuições do uso de modelos de ensino, especificamente os modelos moleculares sólidos, no processo de aprendizagem do conteúdo de Isomeria. Para isso, utilizei alguns aspectos da temática de modelos e modelagem, o uso de modelos como recurso didático, caracterizado pela representação, manipulação, modificação e avaliação dos modelos produzidos pelos estudantes (avaliação no sentido de adequação da representação em relação ao que se pretendia representar). O que despertou o interesse e a curiosidade em conhecer qual o papel que os modelos e a modelagem têm no ensino de ciências e que outras contribuições poderiam surgir dessa abordagem.

No desenvolvimento da pesquisa, tomei ciência de que as discussões sobre os modelos e a modelagem iriam muito além do uso dos modelos como recurso didático. Mas, que existe uma proposta de fundamentação teórico-metodológica baseada na construção de modelos, e que algumas pesquisas têm sido desenvolvidas nessa perspectiva. E que, o envolvimento de estudantes nesse tipo de atividade favorece não somente a construção de um conhecimento científico mais amplo e coerente, mas também colabora para que eles possam desenvolver e/ou aperfeiçoar outras capacidades que estão atreladas ao processo de construção de modelos, como por exemplo, o desenvolvimento de habilidades atreladas as diferentes ações realizadas nesse processo (JUSTI, 2006; MENDONÇA; 2008, SOUZA; 2007; QUEIROZ, 2009; MAIA, 2009).

Nesse sentido, intencionamos investigar como se dá o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas dentro de uma proposta de ensino nessa perspectiva. A partir disso, espera-se que os estudantes podem vir a desenvolver uma compreensão mais ampla da ciência, que vá além do simples entendimento de conceitos científicos, mas adicionalmente dos processos pelos quais esse conhecimento é elaborado. De forma que possam atender as demandas atuais do mundo contemporâneo e assim romper o paradigma de um aprendizado voltado para memorização e repetição de informações. E assim promover uma educação científica

no sentido não apenas de uma educação para a ciência, mas também por meio da ciência.

Uma compreensão mais ampla sobre ciência deve colaborar para a compreensão do mundo ao seu redor, por meio da busca, seleção e análise das informações. Nesse sentido, corroboramos com o entendimento de Maia quando afirma que “um ensino de Ciências que contribua para o desenvolvimento dessas capacidades do sujeito deve enfatizar os caminhos e processos da Ciência, contemplando não apenas seus resultados, mas, antes de tudo, seus meios” (MAIA, p. 1, 2009).

Nessa direção, Maia (2009) defende que o ensino de ciências deve levar em consideração mais aspectos relacionados ao saber como, do que ao saber o que, pois, na mobilização e articulação de conhecimentos em situações que envolvam um problema, onde seriam requeridas as capacidades de seleção de informações, assim como a compreensão mais ampla dos processos vivenciados e é de suma importância que haja também o discernimento em relação a esse conhecimento produzido, sabendo como e quando aplicá-los. Mas para que isso aconteça, é necessário que os estudantes estejam ativos no seu processo de aprendizagem, e assim, desenvolvam além do conhecimento relacionado aos conteúdos, inúmeras habilidades, como aquelas relacionadas à autorregulação, levando-os a refletir e agir sobre a condução dos processos por eles vivenciados.

O Ensino Fundamentado em Modelagem se mostra como uma pertinente abordagem para promoção de uma educação científica mais efetiva, pois além de promover uma participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, possibilita que sejam desenvolvidas e utilizadas diversas habilidades, que são exigidas nos diferentes estágios da modelagem. Por meio das atividades de modelagem, os estudantes executam diversas ações como pensar, analisar, criar, aplicar e refletir, que se traduzem nas práticas científicas por meio da argumentação, visualização, desenho de explicações etc., colaborando para que haja o desenvolvimento de um conhecimento científico crítico e flexível e uma compreensão mais ampla do processo de investigação científica (GILBERT; JUSTI, 2016).

Além disso, o envolvimento de estudantes em atividades de modelagem os oportuniza a vivenciar aspectos relevantes da elaboração do conhecimento científico, de refletir sobre as finalidades da ciência, de realizar questionamentos mais críticos, de propor explicações, revisões e avaliações mais interessantes frente aos modelos

propostos, colaborando também para sua reformulação, isto é, a participação nessa prática, se mostra como uma oportunidade de que eles possam “fazer ciência”, “pensar em ciência” e “desenvolver o pensamento científico e crítico” (JUSTI, 2006; 2019).

Nessa perspectiva, o Ensino Fundamentado em Modelagem, proporciona um ensino de ciências mais adequado as demandas contemporâneas do processo de ensino e aprendizagem em ciências, pois apresenta características essenciais para isso, como: uma representação fiel dos processos de condução da ciência e da aceitação social dos seus resultados, promoção de uma reflexão a respeito dos elementos que contribuíram para reconhecimento do papel central da ciência para humanidade, possuir ideais que possam fornecer explicações suficientes para explicar os fenômenos de interesse e, além disso, ter a capacidade de fomentar soluções para problemas que permeiam a sociedade, em vista de promover o bem estar social dos indivíduos (GILBERT, 2004).

As pesquisas referentes ao Ensino Fundamentado em Modelagem são ainda recentes, mas vêm apresentando sucesso, isso se dá em virtude dos papéis centrais que os modelos e a modelagem desempenham na prática científica, e como esses elementos colaboram para um conhecimento mais amplo desenvolvido pelos estudantes (JUSTI, 2019). A partir da literatura, pôde-se evidenciar que a maioria dos estudos são desenvolvidos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), orientados pela Professora Dr.^o. Rosária Justi, coordenadora do Grupo de Pesquisa "REAGIR - Modelagem e Educação em Ciências.

O Ensino Fundamentado em Modelagem no ensino de química objetiva a investigação das contribuições dessa metodologia para compreensão de aspectos conceituais na química, por meio de estratégias norteadas pelo diagrama de modelo de modelagem (FERREIRA, 2006; SOUZA, 2007; MENDONÇA, 2008).

Pode-se citar também a análise/avaliação de habilidades cognitivas utilizadas e desenvolvidas a partir da participação em atividades de modelagem buscando também possibilitar que os estudantes compreendessem os papéis que os modelos e a modelagem representam no desenvolvimento do conhecimento científico (MAIA, 2009).

Todavia, os autores apontam para a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas relacionadas à utilização dessa abordagem, para investigação das contribuições na aprendizagem em outras situações de ensino, como também para a

investigação das habilidades passíveis de serem desenvolvidas nesse processo, pois ainda são poucas as pesquisas que se dedicam a tal proposição no ensino das ciências.

Nessa direção, surge então a inquietação de se investigar quais habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas a partir de uma proposta de ensino fundamentada em modelagem? Consideramos que estas são imprescindíveis para a construção de um conhecimento mais elaborado, coerente e satisfatório frente aos processos científicos e em um ensino que se caracterize como investigativo.

Na modelagem o desenvolvimento das habilidades se faz presente por meio da capacidade de os estudantes conhecerem a extensão, a utilidade e limitações dos seus modelos. Por isso, que nessa abordagem as habilidades estão associadas a diversas ações que são realizadas por meio das vivências de cada uma das diferentes etapas desse processo, estando direcionadas a perspectiva do “saber fazer” na construção do conhecimento na ciência a partir da elaboração dos modelos (MAIA; JUSTI, 2009; MAIA, 2009). Portanto, esse estudo tem por objetivo analisar quais as habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas a partir de uma proposta de ensino fundamentada em modelagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo são apresentados os referenciais teóricos utilizados para construção, desenvolvimento e fundamentação desse estudo, onde situam-se as principais ideias e perspectivas adotadas.

2.1 MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Na ciência, os modelos podem ser definidos como uma forma de representação parcial de um fenômeno, ideia ou conceito, que é elaborado a partir de objetos específicos, podem ser também caracterizados como um dos principais produtos da ciência e um dos principais instrumentos utilizados pelos cientistas (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; GILBERT; JUSTI, 2016).

A elaboração dos modelos pode ser realizada a partir de diversos propósitos, que levam em consideração a entidade que está sendo modelada e os indivíduos para quais estão sendo feitos, estes podem ser:

(i) simplificar entidades complexas de forma que seja mais fácil pensar sobre as mesmas; (ii) favorecer a comunicação de ideias; (iii) favorecer a visualização de entidades abstratas; (iv) fundamentar a proposição e interpretação de experimentos sobre a realidade; (v) ser um mediador entre a realidade modelada e teorias sobre ela (JUSTI, 2019, p. 177).

Entretanto, é importante considerar que os modelos podem assumir diversos status ontológicos (GILBERT, 2004), e neste sentido, conhecer essas variedades possibilitaria aos indivíduos o conhecimento das demandas conceituais que correspondem a cada tipo de modelo e conseqüentemente, as implicações de sua utilização (HARRISON; TREAGUST, 2000).

Diante disso, o Quadro 1, elaborado a partir das discussões presentes nas principais pesquisas relacionadas aos modelos e a modelagem no ensino das ciências, busca sintetizar as ideias dos principais tipos de modelos (HARRISON; TREAGUST, 2000; GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; GILBERT, 2004; JUSTI, 2019).

Quadro 1 – Tipologia de modelos.

Tipo de Modelo	Caracterização
Mental	É uma representação cognitiva, pessoal e privada, podendo ser formada de forma individual ou em grupo.
Expresso	É uma maneira de se colocar os modelos mentais em domínio público (visto que os modelos mentais não podem ser acessados por terceiros), essa expressão pode ser feita em diferentes modos (Quadro 2).
Consensual	Surge a partir de discussões e testes, grupos, ou até mesmo uma turma escolar, que estão em consenso de que o modelo expresso possui valor aos atributos que busca expressar.
Científico	Trata-se de um modelo expresso, que foi consentido e/ou elaborado por um grupo de cientistas, tendo sua validação sido feito por meio dos diferentes tipos de testes.
Histórico	Modelos produzidos em contextos específicos ao longo da história, que desempenharam papéis fundamentais no direcionamento das pesquisas científicas, mas que com o passar do tempo são substituídos por um novo modelo.
Curriculares	São modelos utilizados para auxiliar na compreensão dos modelos históricos e científicos, a partir de modificações (simplificações) estes são inseridos no âmbito escolar.
De Ensino	São usados no contexto escolar a fim de auxiliar os estudantes na compreensão de elementos específicos dos modelos curriculares, estes devem levar em consideração o contexto em que será usado e o nível cognitivo dos alunos.

Fonte: O Autor (2020).

A maioria dos modelos podem ser encontrados em domínio público a partir de diferentes modos de representação (GILBERT, 2004). Essa ação de expressar os modelos está diretamente relacionada com a elaboração dos modelos mentais, dado que estes não podem ser acessados diretamente por terceiros, pois é resultado de uma atividade cognitiva particular de cada indivíduo. Assim, a expressão desses modelos se configura como ferramenta essencial para a compreensão dos fenômenos e informações (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; JUSTI, 2016, 2019).

Nesta perspectiva, o Quadro 2 apresenta os principais modos de representação utilizados para expressão dos modelos, feito com base na literatura utilizada para elaboração do Quadro 1.

Quadro 2 – Modos de representação dos modelos.

Modo de Representação	Descrição
Concreto (ou material)	Elaboração de uma representação tridimensional a partir de materiais em geral resistentes.
Verbal	Descrição do objeto modelado e da sua relação para com modelos, analogias e/ou metáforas utilizadas, caracterizado principalmente pela fala e escrita.
Matemático	Representação a partir de expressões matemáticas, equações (equação dos gases, por exemplo) e símbolos químicos.
Visual	Representação bidimensional que pode ser visualizada, com elementos imagéticos como desenhos, figuras, gráficos e diagramas.
Gestual	Realização de ações (geralmente movimentos) utilizando o corpo humano.

Fonte: O Autor (2020).

Dentre as contribuições que os modelos propiciam para o desenvolvimento do conhecimento científico, às atividades de elaboração e expressão dos modelos mentais mostram-se essenciais para que ocorra uma compreensão dos fenômenos ou das demais informações a eles relacionadas (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). Nessa perspectiva, os modelos podem ser entendidos como instrumentos epistêmicos e seus objetivos estão estreitamente relacionados com elementos da prática científica, tais como simplificar, explicar, abstrair, argumentar, prever, representar, projetar experimentos e/ou outros modelos etc., tal fato justifica a relevância dos modelos no desenvolvimento do conhecimento científico (GILBERT; JUSTI, 2016).

A elaboração de modelos se caracteriza como um processo cíclico e não linear de construção do conhecimento, que se fundamenta por meio de quatro estágios (criação, expressão, teste e avaliação), que podem se desdobrar em subprocessos, estando estes relacionados e justificados entre si (GILBERT; JUSTI, 2016). Esse processo tem como um dos principais objetivos, gerar explicações, que podem ser tidas como respostas para questionamentos sobre a natureza do mundo, que são avaliadas a partir do valor preditivo do modelo elaborado (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000).

Para mais, o estabelecimento de relações entre as informações para construção de um modelo, possibilita que os estudantes possam deliberar a respeito da qualidade dessas informações, uma vez que esse processo abre espaço para que os estudantes criem argumentos científicos, tomem posição e justifiquem seus argumentos por meio de evidências (JUSTI, 2009).

O processo de modelagem possibilita que os estudantes desenvolvam um conhecimento flexível e crítico a respeito dos conceitos científicos, o conhecimento sobre a própria modelagem (meta-modelagem) e uma diversidade de habilidades que podem ser utilizadas em diferentes contextos (GILBERT; JUSTI, 2016). E isso acontece porque a atividade de elaboração de modelos requer que os estudantes: "(i) classifiquem e construam explicações dos fenômenos científicos, em vez de apenas memorizar fatos e definições; (ii) definir e revisar problemas ao longo do tempo; (iii) procurar fontes de informação e dados" (JUSTI, 2009, p. 32).

2.2 ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

O processo de elaboração dos modelos está alicerçado em quatro etapas fundamentais: criação, expressão, teste e avaliação dos modelos. Dessa forma, entende-se que a modelagem se configura como um processo fundamental para a produção do conhecimento científico (JUSTI; GILBERT, 2002; JUSTI, 2019). Ao definir ciência como um processo de elaboração modelos com diferentes capacidades de previsão, Justi (2006) unifica as ideias de processo (produção e utilização dos modelos como ferramentas de pensamento científico) e dos produtos (modelos resultantes desse processo), como instrumentos centrais para elaboração, disseminação e validação do conhecimento científico.

Nesse sentido, o processo de ensino pautado na modelagem, busca possibilitar que os estudantes possam compreender os papéis centrais que os modelos e modelagem representam na prática científica. As atividades baseadas em modelagem visam propiciar aos estudantes uma visão mais abrangente da ciência, por meio da articulação de aspectos essenciais do conhecimento científico, tais como a sua natureza subjetiva, e como esse conhecimento pode ser contextualizado social e culturalmente, além da participação em atividades que buscam elaborar o conhecimento de forma correspondente ao que acontece nas ciências (JUSTI, 2006).

Vivenciar as etapas da modelagem possibilita que os estudantes possam compreender como o conhecimento é elaborado na ciência, isso acontece principalmente, porque o conhecimento construído no processo de ensino fundamentado em modelagem está apoiado em seus conhecimentos e experiências anteriores, de forma que utilizam dos recursos disponíveis e de sua criatividade para aprimorar esse novo conhecimento, de maneira que este seja mais proveitoso do que o anterior (GILBERT; JUSTI, 2016)

Uma condição para que os estudantes possam desenvolver uma compreensão geral da natureza e utilização dos modelos, é que tais atividades conduzam à discussão desses aspectos. Assim, eles terão clareza de qual é o significado que os modelos assumem na ciência, sendo esse diferente daquele que lhe é conferido fora desse contexto. Portanto, tais discussões colaboram para que os estudantes entendam que os modelos são representações parciais das entidades estudadas e que são construídos a partir de objetivos específicos (JUSTI, 2006).

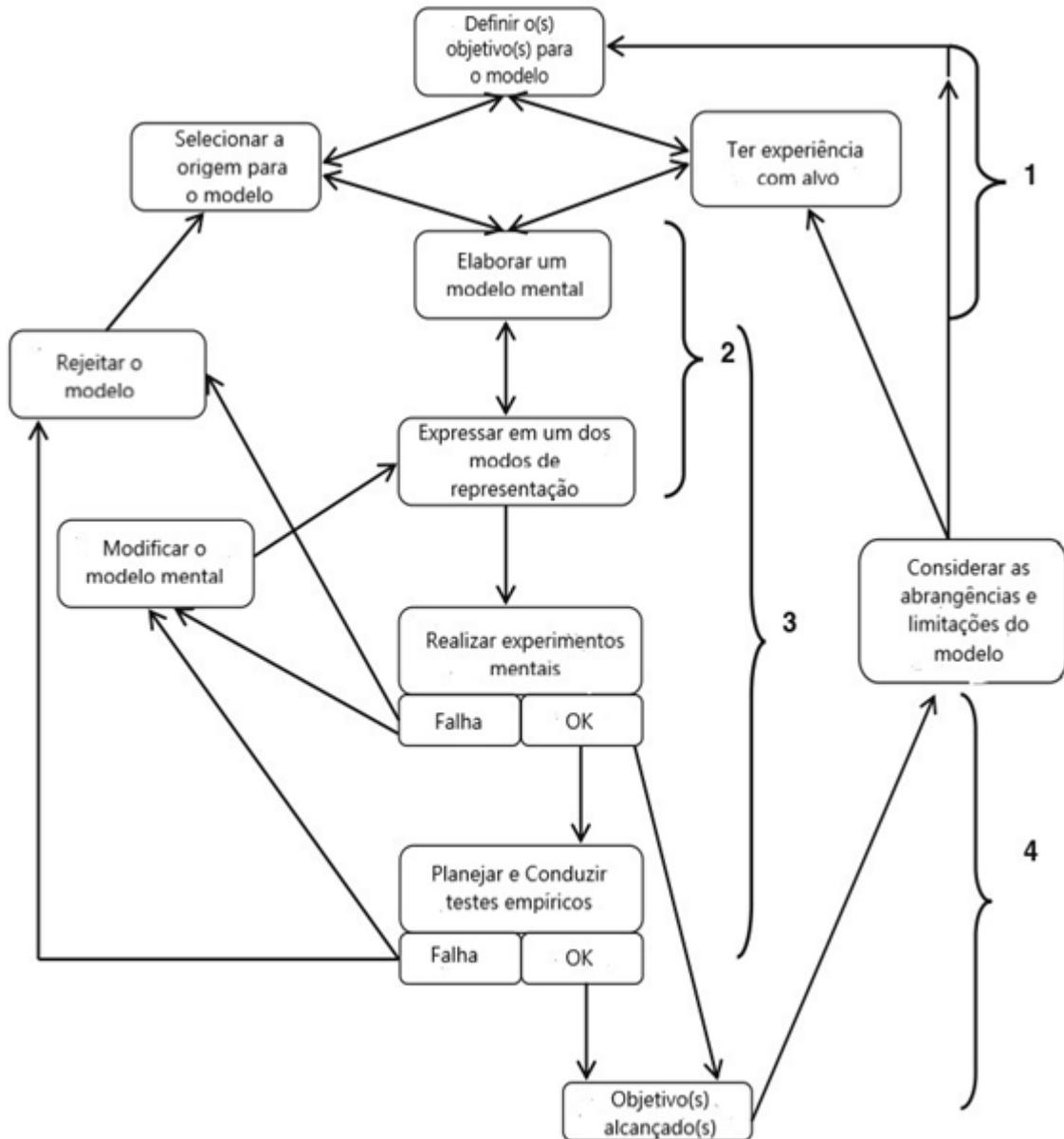
Dessa maneira, os estudantes podem compreender a centralidade que os modelos e a modelagem assumem na prática científica, uma vez que, a ciência pode ser definida como um processo de produção de modelos. Sendo eles caracterizados como os produtos dessa prática, entendidos também como evidências de que o conhecimento científico é elaborado com fins específicos, contribuindo para solução de problemas, da mesma maneira que eles podem experimentar diversos aspectos da ciência ao participarem dessas atividades (JUSTI; GILBERT, 2002).

Além disso, o Ensino Fundamentado em Modelagem é um espaço que contribui para uma participação ativa dos estudantes na sua aprendizagem, pois permite que eles possam criar, expressar, avaliar seus próprios modelos e os produzidos por seus colegas e/ou ainda aqueles apresentados pelos seu (s) professor (es). Desta forma, permite que sejam estabelecidos contextos interativos de ensino, em que se tem as interações aluno (s) - aluno (s), aluno (s) - professor, resultando na construção de um conhecimento (GILBERT; JUSTI, 2016).

Buscando promover uma estratégia de ensino que estivesse fundamentada no processo de modelagem, os pesquisadores Justi e Gilbert (2002) propuseram um esquema que apresenta as principais etapas relacionadas a este processo, denominado de Diagrama Modelo de Modelagem (Figura 1). Elaborado a partir de estudos de diversos pesquisadores, apresenta-se como sendo uma potencial abordagem metodológica para o ensino de ciências, algumas pesquisas já o tomaram

como base em diferentes contextos de ensino e obtiveram resultados positivos, tanto no que diz respeito à aprendizagem como no desenvolvimento de habilidades.

Figura 1 - Diagrama Modelo de Modelagem.



Fonte: Adaptado de Mendonça e Justi (2011, p. 483)

É importante se ter em mente que, o processo de elaboração dos modelos deve ser norteado a partir de um problema a ser solucionado, em que são definidos os objetivos para os quais o modelo deverá ser elaborado, ou seja, fazer considerações a respeito do objeto que será modelado, realizando assim a definição dos objetivos

para os quais o modelo será produzido. As considerações podem ser feitas a partir de análises (qualitativas e/ou quantitativas) e observações (diretas e/ou indiretas).

Após a **definição dos objetivos** tem-se o início do processo de elaboração do modelo mental, que é composto por dois elementos, a experiência com o objeto e a seleção da origem do modelo. A **experiência com o objeto** consiste em uma análise minuciosa do objeto modelado, procurando identificar informações a seu respeito. Estas podem ser obtidas a partir de fontes externas (livros, artigos, vídeos, simulações) ou a partir daquelas informações presentes na própria estrutura cognitiva dos indivíduos (conhecimento prévio).

Em paralelo, a **seleção da origem do modelo** é feita para aqueles sistemas que permitam o uso de analogia ou do recurso matemático. Essa seleção pode ser realizada a partir dos conhecimentos prévios dos indivíduos, ou diante da modificação de modelos já existentes, com a integração de novas informações.

A partir da integração desses elementos, de vivências com experiências relevantes e seleção de uma origem pertinente para o modelo, se tem a **elaboração de um modelo mental**. Após a elaboração do modelo mental, que é particular de cada indivíduo, se decide qual modo (material, verbal, matemático, gestual) será utilizado para expressar o modelo. Este subprocesso está relacionado com o desenvolvimento do próprio modelo mental, de modo que o modelo expresso poderá sofrer modificações suficientes para estarem de acordo.

Feita a **expressão do modelo**, inicia-se a etapa de testes, que podem acontecer de duas formas, isso depende do assunto do modelo, bem como dos materiais/recursos disponíveis para sua realização. Os testes podem ser feitos por meio dos **experimentos mentais**, que consistem no emprego do modelo em situações imaginárias, para que assim possa se avaliar a sua aplicabilidade e suas explicações e resultados coerentes com os esperados para os testes mentais. E podem também ser feitos através dos **testes empíricos**, que se caracterizam pela realização de atividades práticas, em que se tem a realização de coleta e análise de dados e uma avaliação dos resultados em referência a hipóteses levantadas a partir do modelo.

Nos dois casos, o modelo pode vir a falhar, caso isso ocorra, os indivíduos podem realizar a modificação do modelo mental e submeter esse modelo a novos testes, retornando a etapas anteriores do processo de modelagem. Em casos extremos, pode ocorrer a rejeição do modelo, que acontece quando os testes apontam

para falhas na elaboração do modelo em si, diante disso, os indivíduos retornam para as etapas iniciais do processo, levando em consideração as informações obtidas, e produzem um novo modelo com as modificações necessárias.

No caso de o modelo ser bem-sucedido, torna-se evidente que ele **atinge o objetivo** para qual foi proposto e deve ser apresentado a terceiros. Desta forma, poder-se-á considerar ou não sua validade, como também reconhecer suas abrangências e limitações, permitindo, assim, que emerjam novas hipóteses de aplicação em situações diferentes, novos testes, avaliações e modificações no modelo.

Considerando o exposto, após a elaboração do modelo mental inicial, não existe uma ordem definida das demais etapas do processo de modelagem apresentado na Figura 1. Pode acontecer, por exemplo, de o modelo mental ser avaliado através dos testes mentais, ou ainda ter sua abrangência considerada sem que ele tenha sido expresso.

Para mais, no diagrama de modelo de modelagem a expressão do modelo mental é tomada como uma etapa separada de sua elaboração e a avaliação engloba as considerações acerca de suas abrangências e limitações, ou seja, uma análise da utilidade de modelo em outros contextos, assim como dos seus limites (JUSTI, 2015).

Utilizando o diagrama de modelagem (Figura 1), a pesquisa de Ferreira (2006) investigou quais as contribuições que o Ensino Fundamentado em Modelagem apresentava para aprendizagem dos principais aspectos conceituais referentes ao conteúdo de equilíbrio químico. Já a produção de Souza (2007), buscou investigar como estudantes do ensino médio compreendem aspectos conceituais relacionados à energia que estava envolvida nas transformações químicas. E o trabalho de Mendonça (2008) utilizou o Ensino Fundamentado em Modelagem para abordar o conteúdo de ligações iônicas, as atividades foram desenvolvidas a partir de estudos de casos, por meio dos quais se buscou identificar os elementos que favoreceram a aprendizagem do conteúdo nessa perspectiva de ensino.

Na pesquisa desenvolvida por Maia (2009), foi analisado o desenvolvimento e utilização de habilidades cognitivas por meio da participação de estudantes em atividades de modelagem em química, voltadas para os tópicos de ligações químicas, interações intermoleculares e energia das reações. No seu trabalho foi desenvolvida uma ferramenta de avaliação das habilidades durante o processo de modelagem, ferramenta esta que se mostrou eficiente, apontando para a necessidade de seu uso

em mais pesquisas que envolvam atividades de modelagem em outros contextos de ensino.

Para mais, é importante salientar que o diagrama Modelo de Modelagem, proposto por Justi e Gilbert (2002), não foi elaborado com a intenção de elencar etapas que devem ser seguidas em uma ordem obrigatória de execução, mas que, é importante que haja, durante o processo de modelagem, a contemplação de todas essas etapas. A descrição das etapas e dos processos que compõem esse modelo, representado através do diagrama (Figura 1), foi feita a partir das produções dos próprios autores (JUSTI; GILBERT, 2002; JUSTI, 2006).

Ademais, Justi (2006, p.178) defende que,

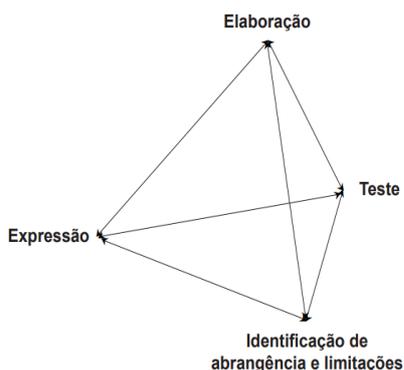
A participação dos alunos nesta proposta tem um grande potencial para ajudá-los a aprender de uma forma mais participativa. Isso porque, no contexto desta proposta, os alunos têm a oportunidade de vivenciar aspectos estimulantes e interessantes da produção do conhecimento científico, de pensar sobre os propósitos da ciência, de poder fazer perguntas mais críticas e precisas, de propor explicações e previsões, e avaliar o modelo proposto para obter informações que possam auxiliar na sua reformulação. Em outras palavras, a construção de modelos é uma atividade com grande potencial para envolver os alunos em "fazer ciência", "pensar sobre ciência" e "desenvolver o pensamento científico e crítico".

Assim, o processo de ensino pautado na modelagem possibilita que os estudantes possam visualizar muitos conceitos abstratos, por meio da elaboração de estruturas (modelos), pelas quais podem explorar diversos aspectos do objeto de estudo, de forma que acabam desenvolvendo conhecimentos mais abrangentes. Desse modo, acontece uma integração entre os conhecimentos conceituais e a construção dos modelos, onde, o conhecimento dos estudantes permite a criação dos modelos e os modelos contribuem para o desenvolvimento de novos conhecimentos (FERREIRA, 2006).

Dentro desse processo é essencial que os estudantes estejam engajados nas atividades, para que assim eles possam vir a apresentar uma evolução do conhecimento. Por isso a discussão/apresentação do modelo pelo aluno (ou grupo de alunos) a sua turma é um processo de socialização que pode provocá-los a participar desse processo. Além disso, outro aspecto, muito importante nessa metodologia, é a relevância do conhecimento prévio dos estudantes, pois é por meio dele e da conexão com novas informações que os estudantes elaboram e/ou reformulam os seus modelos, favorecendo o desenvolvimento do conhecimento e de uma participação ativa nesse processo (FERREIRA, 2006; SOUZA, 2007).

Além disso, o engajamento de forma ativa nas atividades colabora para o desenvolvimento de um conhecimento crítico e flexível, bem como de habilidades que são demandadas nos diferentes estágios da modelagem. É interessante considerar que esse processo pode ser representado por um tetraedro como mostra a figura 2.

Figura 2 – Etapas fundamentais no processo de modelagem.



Fonte: GILBERT; JUSTI (2016).

Assim, pode-se observar que os estudantes podem vir a trilhar um percurso duplo, de ida e volta, entre todas as etapas representadas pelos vértices, (elaboração, expressão, teste e avaliação dos modelos) demonstrando que elas são interligadas e devem ser vivenciadas pelos estudantes, principalmente pelo fato de que eles revisitam seus modelos constantemente durante esse processo (GILBERT; JUSTI, 2016; JUSTI 2015).

E é por meio da construção dos seus modelos, que os estudantes conseguem construir seus conhecimentos a respeito dos fenômenos, processos, etc., sejam aqueles de fácil compreensão, ou ainda aqueles que exigem um estudo mais aprofundado, por serem tidos como de difícil compreensão, estes que são muitos comuns no contexto do ensino de química.

2.3 MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

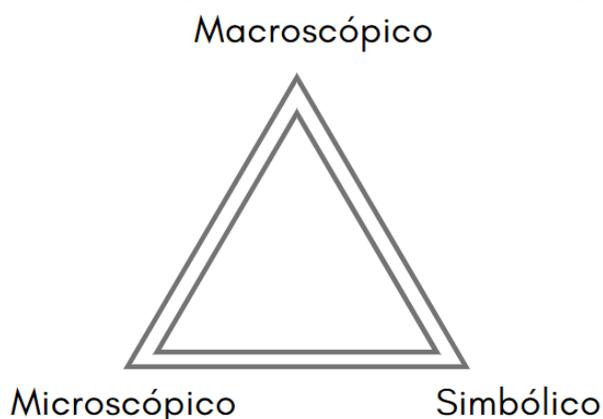
A química é comumente tomada como uma ciência complexa, em que muitos conceitos são de difícil compreensão. Dentre os diversos motivos, destaca-se a disposição dos conceitos nos diferentes níveis de representação do conhecimento, em outras palavras, muitos dos fenômenos de interesse da química estão situados no

nível microscópico, e não podem ser visualizados diretamente, cabendo aos estudantes o papel de realizar a mobilização desse conhecimento para os outros níveis, como o macroscópico ou o simbólico. Assim, se eles não conseguem mobilizar essas informações entre os diferentes níveis, acabam por apresentar dificuldades e considerar a química como uma ciência abstrata e desinteressante (JUSTI, 2019).

Johnstone (1993) trouxe as primeiras discussões acerca dos níveis de representação do conhecimento químico, segundo ele, o conhecimento em química pode estar situado em três diferentes níveis: macroscópico, microscópico e simbólico. O macroscópico, caracteriza-se pelos fenômenos visíveis, já o microscópico, pelos elementos e aspectos, que não podem ser visualizadas diretamente, como íons, moléculas, ligações, entre outros E o simbólico, é caracterizado pelas diferentes maneiras de representação de natureza simbólica, como fórmulas, equações e demais expressões.

O autor defende que para que os estudantes possam vir a desenvolver uma compreensão plena dos conhecimentos químicos, é essencial que uma relação entre os diferentes níveis de representação seja estabelecida, como ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Níveis de representação do conhecimento químico segundo Johnstone.



Fonte: Johnstone (1993, p. 703).

Assim, ser capaz de trabalhar com os três níveis representacionais e transitar mentalmente entre eles, é essencial para a compreensão das explicações dos fenômenos fornecidos pela ciência. Além disso, possibilita que muitos aspectos e propriedades desses fenômenos possam ser considerados, seja de forma qualitativa e/ou quantitativa (FERREIRA, 2006; GILBERT; 2008; JUSTI; GILBERT; QUEIROZ, 2009).

Por outro lado, na sala de aula os estudantes estão em contato com uma variedade de modelos, sejam aqueles apresentados diretamente pelos professores, ou os que estão presentes nos demais materiais, como livros didáticos, artigos, textos, vídeos (FERREIRA, 2006; QUEIROZ, 2009; JUSTI, 2019). Estes podem vir a desempenhar muitas funções no processo de ensino-aprendizagem em química, principalmente porque “muitos fenômenos científicos não podem ser reproduzidos na sala de aula por causa do tempo e restrições de segurança”, (HARRISON; TREAGUST, 2000, p. 1012), cabendo aos modelos o papel de propiciar o aos estudantes acesso a essas informações.

Por outro lado,

a natureza essencialmente abstrata dos modelos consensuais da ciência conduz a dificuldades no ensino e na aprendizagem dos mesmos. Em função dessas dificuldades emerge a importância do desenvolvimento de modelos de ensino com o propósito específico de ajudar os alunos a entenderem os modelos consensuais (MONTEIRO; JUSTI, 2016, p. 68).

Tais modelos demonstram uma grande capacidade de cumprir com o seu papel, que é de fazer com que os estudantes aprendam ciência, mas para que isso ocorra é essencial que cada um seja utilizado de maneira particular e ainda que se tenha em mente, que eles possuem vantagens e limitações nos diferentes contextos de ensino que são inseridos (JUSTI, 2019).

Entre os modelos sólidos mais comuns na química, estão os modelos moleculares, principalmente os do tipo bola vareta. Os modelos moleculares são bastante utilizados com o objetivo de produzir representações das estruturas de compostos químicos, uma vez que muitos deles são apresentados aos estudantes por meio de fórmulas estruturais e moleculares o que pode vir a dificultar estudo e compreensão muitos aspectos destes (GOMES-SILVA, 2019; LIMA; LIMA-NETO, 1999), já que dentro da perspectiva dos níveis representacionais do conhecimento (JOHNSTONE, 1993), os modelos teriam a função de disponibilizar uma representação macroscópica, fazendo com que os três níveis pudessem ser explorados pelos estudantes.

De acordo com Roque e Silva (2008) a partir dos modelos moleculares é possível que sejam feitas relações análogas diante das estruturas representadas. Além disso, favorecem a visualização de estruturas que eram “invisíveis” de maneira que possibilitam um estudo mais assertivo de muitos aspectos dos compostos químicos. Esse tipo de modelo sólido pode ser elaborado a partir de diversos

materiais, como os de origem industrial (feitos de plásticos, metal), isopor (bolas) e madeira (palitos), canudos de bebidas, balões ou ainda arames. Cada qual com suas vantagens e desvantagens, mas é importante destacar que aqueles originados de materiais de baixo custo são os mais escolhidos, uma vez que se tornam mais acessíveis para serem adquiridos pelos professores e estudantes para uso na sala de aula (LIMA; LIMA-NETO, 1999).

Outro tipo de modelo de ensino bastante utilizado no ensino de química são as analogias, estes por sua vez possuem uma função explicativa, ou seja, auxiliam os alunos na compreensão de aspectos do conteúdo ensinado, que geralmente são de difícil compreensão (GILBERT; JUSTI, 2016; MOZZER; JUSTI, 2015). A partir dessas representações, as analogias podem assumir o papel de “favorecer a ocorrência de um “trânsito” melhor entre os conceitos prévios e os conceitos desconhecidos, o que pode levar o indivíduo a reestruturar suas informações, formar um novo esquema ou acrescentar novas informações às existentes” (JUSTI; MENDONÇA, 2008, p.25).

As analogias são frequentemente utilizadas pelos professores e podem ser encontradas também com muita frequência nos livros didáticos. Seu emprego no ensino de química é muito conveniente ao se levar em consideração que “a maioria dos conceitos nessa área é de natureza abstrata, eles não são tão facilmente compreendidos pelos estudantes, o que justifica a comparação dos mesmos com algo mais próximo da realidade deles” (JUSTI, 2019, p. 185).

Ao utilizar as analogias na sala de aula é importante ter uma atenção para o nível de relação que os estudantes podem vir a desenvolver, uma vez que ela pode ser feita de forma muito extensa, ou seja, ir além daqueles aspectos que ela, enquanto modelo de ensino, pretende apresentar/explorar. Dessa maneira, poderá ocorrer uma relação análoga incorreta entre o domínio da analogia e do alvo de interesse, dificultado a compreensão do modelo, cabe então ao professor o papel de estabelecer esses limites, em outras palavras, entender e “guiar” o processo analógico dos alunos (MONTEIRO; JUSTI, 2016; MOZZER; JUSTI, 2015).

Os modelos sólidos e as analogias, apesar de serem mais frequentes dentro do contexto de ensino, não são os únicos, em diversos momentos os estudantes estão em contato com outros modelos, como os curriculares, científicos, históricos, consensuais, a partir de diferentes modos de representação, como verbal, matemático, concreto, visual etc. (GILBERT, 2004). Logo, é evidente a relevância que

os modelos e a modelagem têm para o ensino de química. Como defendido por Gilbert e Justi (2003, p. 49) o processo de aprendizagem de química envolve:

- (i) conhecer os principais modelos já produzidos por químicos, bem como o escopo e as limitações de tais modelos; (ii) valorizando o papel dos modelos no credenciamento e divulgação dos produtos de investigação química; e (iii) criar e testar modelos químicos produzida por um indivíduo e / ou grupo.

Posto isso, é interessante que se tenham um ensino de química dentro duma perspectiva investigativa que propicie uma mudança na postura dos estudantes frente a sua aprendizagem. Favorecendo uma participação ativa mais efetiva no processo de aprendizagem e que colabore par que eles possam desenvolver uma compreensão do papel dos modelos e da modelagem nas ciências. De maneira que os estudantes tenham uma compreensão dos conceitos científicos a eles ensinados e que venham a utilizar e desenvolver diversas habilidades relacionadas com esse processo.

2.4 MODELAGEM E AS HABILIDADES COGNITIVAS

No ensino de ciências, tem sido enfatizada a necessidade de desenvolver um ensino que ultrapasse os limites do mero conhecimento declarativo, pautado na memorização e reprodução de informações, mas que contribua para o desenvolvimento de um conhecimento aplicado e contextualizado. Em que o estudante deve ser sujeito ativo no processo de aprendizagem e participar de atividades que promovam o desenvolvimento e a aplicação de diversas habilidades. Tal perspectiva é defendida por documentos relevantes e por pesquisadores da área, como Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999; BEYOND 2000, MILLAR, OSBORNE, 1998; AAAS, 1989), como também por diversas pesquisas no ensino de ciências (HODSON, 1993; 2003; GILBERT, 2004; GILBERT; JUSTI, 2016; JUSTI, 2006; MAIA; JUSTI, 2008; 2009; MAIA, 2009).

O desenvolvimento de habilidades cognitivas se caracteriza como um dos elementos essenciais dentro de um conjunto de processos necessários para lidar com situações problema. As habilidades cognitivas, são requeridas em muitas ações realizadas a fim de que um determinado problema seja solucionado, seja na sala de aula ou aqueles inter-relacionados com a vida real, principalmente naquelas em que

estes são mais complexos. Considerando que, para isso, aspectos da investigação científica devem ser integrados às estratégias desenvolvidas com os estudantes (MIRI; DAVID; ZOLLER, 2007; ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002).

Assim, para o desenvolvimento das habilidades cognitivas nos estudantes, é necessário que haja a promoção de situações em que o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas sejam considerados. Desta forma, as habilidades podem ser evidenciadas, principalmente, pela forma como os estudantes lidam com as situações problemáticas, tornado assim a aprendizagem um processo integrador de diversos elementos como discussões, questionamentos, hipóteses e soluções (MIRI; DAVID; ZOLLER, 2007; ZOLLER; PUSHIKIN, 2007).

Nesse ponto de vista, as atividades de modelagem mostram-se como uma pertinente estratégia, em que podem ser desenvolvidos não somente os conhecimentos referentes aos conteúdos específicos, mas também promovem o conhecimento a respeito dos processos de construção da própria Ciência. Além disso, o desenvolvimento de habilidades a partir da mobilização de princípios da ciência e uso das práticas científicas essenciais, necessárias para progresso desse processo (MAIA; JUSTI, 2009; SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015).

Atualmente, as atividades investigativas são desenvolvidas com intuito de analisar diversos aspectos como a capacidade argumentativa, os processos de coleta e análise de dados e o desenvolvimento de habilidades cognitivas pelos estudantes. De forma que possam desenvolver, assim, uma compreensão de aspectos relacionados ao trabalho científico e assim possam ampliar a sua cultura científica, aprimorando o domínio da linguagem científica (CARVALHO, 2013; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Nesse sentido,

a perspectiva do ensino com base na investigação possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p. 68)

Para Zoller, Dori e Lubezky (2002) as habilidades cognitivas podem estar situadas em duas categorias, que são as habilidades de baixa ordem (LOCS - Lower Order Cognitive Skills), que são representadas pelas capacidades de: conhecer, recordar/relembrar informações, aplicar conhecimentos em situações familiares e na resolução de problemas. E as habilidades de alta ordem (HOCS - Higher Order Cognitive Skills), que são representadas pelas capacidades de: resolução de

problemas, tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo, estas estariam associadas a atividades dentro de uma perspectiva de investigação científica.

Para que possam aprender os conceitos científicos e conseguir solucionar problemas, os estudantes têm uma demanda de diferentes habilidades cognitivas durante tal processo, sejam aquelas pertencentes ao domínio LOCS ou as do domínio HOCS (ZOLLER, 1993). No ensino de ciências, muitas habilidades podem ser estimuladas e desenvolvidas. De acordo com Caldeira (2005), estas podem ser: observar, identificar, descrever, comparar, experimentar, coletar dados, somar ideias, elaborar esquemas/gráficos/tabelas, sistematizar informações (a partir de fontes externas ou não) produzir textos/maquetes/relatórios, interpretar dados, relacionar e organizar informações.

Ao pensar nas habilidades cognitivas e metacognitivas que podem vir a ser desenvolvidas a partir do envolvimento de estudantes em atividades de modelagem, destacam-se as de alta ordem. Estas são mais complexas de serem definidas, mas podem ser reconhecidas através das ações realizadas no processo. Dentre as muitas habilidades que podem vir a ser desenvolvidas, pode-se citar, por exemplo, a formulação de hipóteses, a resolução de problemas, a tomada de decisões, a identificação de suposições, a elaboração de conclusões, selecionar informações, relevantes, analisar e/ou avaliar variáveis e entre outras (COELHO; MALHEIRO, 2019; COSTA, 2012; SUART, 2008).

As atividades fundamentadas no processo de modelagem possibilitam o desenvolvimento cognitivo dos alunos, pois permitem que eles possam elaborar suas explicações para a compreensão dos fenômenos, estabelecendo relações entre os dados e os fatos químicos observados. Dessa maneira, proporciona aos alunos a oportunidade de pensar sobre os problemas, e buscar meios de resolvê-los, através da elaboração de modelos, por exemplo, relatar e discutir suas ideias, o que auxilia na conceituação de fenômenos químicos (SUART; MARCONDES, 2011).

Nesse ponto de vista, o ensino de química baseado no processo de modelagem mostra-se como uma excelente estratégia, pois aproxima os estudantes de aspectos do processo de construção da ciência (COSTA, 2012), como também favorece a compreensão do processo da investigação científica e o desenvolvimento de habilidades que são requeridas neste processo, uma vez que

Ao elaborar um modelo há, inicialmente, um processo de escolha e integração de itens que são considerados relevantes por uma questão particular. Após o processo de construção de um modelo inicial, este é submetido a um ciclo de teste, revisão e reelaboração, até produzir descrições e explicações satisfatórias para o fenômeno (MAIA, 2009, p. 04).

O processo de modelagem demanda de várias habilidades cognitivas e metacognitivas daqueles estudantes que estão envolvidos em suas atividades, nessa metodologia o desenvolvimento dessas se traduz na capacidade dos alunos perceberem o domínio, a aplicação e as limitações do seu modelo, a partir da vivência das etapas essenciais desse processo, sendo esses a criação, expressão, teste e avaliação (JUSTI, 2019; 2006; MAIA, 2009). Portanto, as habilidades poderão ser “desenvolvidas ao longo do processo de modelagem e através da transferência dessas de um processo para o outro, momentos em que ocorrerá o aperfeiçoamento e, conseqüentemente, a sofisticação dessas habilidades” (MAIA; JUSTI, 2009, p.04).

Dessa forma, é estabelecida uma associação entre habilidades e processos mais específicos, direcionada a perspectiva do “saber fazer” e a sua relação com o conhecimento sobre e em Ciência (MAIA, 2009). Tal relação é explicitada pela autora no Quadro 3, onde é feita uma relação entre as etapas apresentadas no diagrama de “Modelo de Modelagem” proposto por Gilbert e Justi (2002) e as habilidades que estão associadas às respectivas etapas.

Quadro 3 - Etapas do processo da modelagem e as habilidades cognitivas relacionadas.

ETAPA DO PROCESSO DA MODELAGEM	HABILIDADES COGNITIVAS RELACIONADAS
Definir o objetivo do modelo	<ul style="list-style-type: none"> → Analisar e compreender a situação-problema. → Sistematizar o problema por meio da formulação de questões.
Ter experiência com o alvo	<ul style="list-style-type: none"> → Observar propriedades do sistema em estudo. Selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva). → Buscar informações já disponíveis na literatura. → Identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios sobre o sistema em estudo que sejam relevantes
Selecionar a origem para o modelo	<ul style="list-style-type: none"> → Conhecer diferentes formas de obter e relacionar informações. → Selecionar ideias e modelos prévios. → Aplicar modelos e ideias prévias a novas situações

Produzir um modelo mental	→ Integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos.
Expressar em algum dos modos de representação	→ Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação. → Comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas.
Conduzir experimentos mentais	→ Elaborar questões hipotéticas. → Planejar e conduzir experimentos adequados. → Identificar variáveis relevantes. → Selecionar procedimentos. → Analisar os resultados obtidos e as implicações deles.
Planejar e conduzir testes empíricos	→ Planejar experimentos adequados. → Identificar variáveis relevantes. → Selecionar procedimentos. → Utilizar instrumentos de medição e de cálculo. → Coletar, analisar e interpretar os dados.
Considerar abrangências e limitações do modelo mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.	→ Analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos. → Estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.

Fonte: Maia (2009).

Isto posto, um possível caminho para identificação das habilidades investigativas no processo de construção de modelos, se dá a partir da análise de ações específicas que são realizadas nos diferentes estágios do processo de ensino fundamentado em modelagem, representado pelo diagrama na Figura 1 (MAIA, 2009). Por isso, adotaremos nesta pesquisa a mesma concepção a respeito do desenvolvimento das habilidades, que são representadas a partir das ações realizadas pelos estudantes envolvidos em atividades de ensino fundamentadas em modelagem. Nesse sentido, recorreremos ao Quadro 2, posteriormente, utilizando-o como uma ferramenta que irá auxiliar na análise a respeito das habilidades que são requeridas e desenvolvidas no processo de construção de modelos.

Um aspecto que deve ser enfatizado sobre a análise de habilidades no processo de modelagem, é que é difícil fazer um acompanhamento integral de todas as etapas, principalmente no contexto da sala de aula. Somente quando o estudante

expressa o modelo, é possível de ser realizar uma avaliação, pois as etapas relacionadas à seleção da fonte do modelo e/ou formulação do modelo mental, estão relacionadas às ideias internas dos estudantes, que não podem ser diretamente acessadas, mesmo que todo o processo seja acompanhado. Apesar dessa limitação, possíveis ações de acompanhamento nesta situação podem vir a contribuir para uma compreensão ampla do desenvolvimento das habilidades investigativas (MAIA, 2009).

Considerando que os estudantes estarão inseridos em um contexto de ensino que requer deles uma postura ativa no seu processo de aprendizagem, as atividades de modelagem mostram-se como um oportuno espaço para que os estudantes possam desenvolver habilidades cognitivas relacionadas ao processo de investigação científica. Uma vez que eles são levados a pensar sobre quando, como e quais conhecimentos podem ser aplicados a diferentes situações, a partir da elaboração dos seus próprios modelos. Ademais o estímulo a capacidade de analisar situações problema e decidir sobre os caminhos trilhados nesse processo, colabora para o desenvolvimento de um conhecimento sobre a condução e os princípios da ciência. (MAIA; JUSTI 2009; MAIA, 2009).

2.5 MODELAGEM E AS HABILIDADES METACOGNITIVAS

O conceito de metacognição foi introduzido inicialmente por Flavell (1970) como o conhecimento acerca do próprio conhecimento. Em seu trabalho o autor afirma que a capacidade de reflexão dos processos cognitivos e metacognitivos pelos indivíduos podem ser desenvolvidas. A metacognição seria composta por duas partes principais, o conhecimento cognitivo e o monitoramento e a autorregulação dos processos metacognitivos (FLAVELL, 1978; JOU; SPERB, 2006).

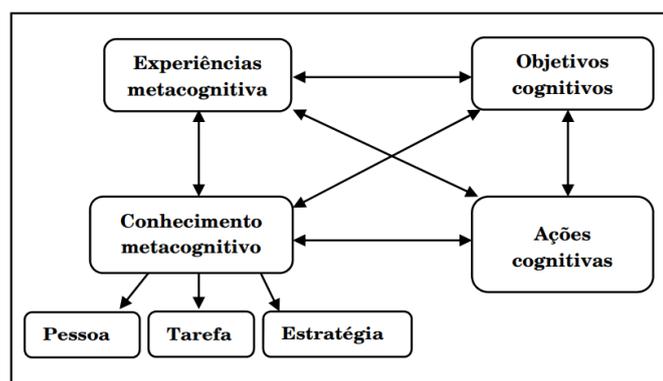
O conhecimento metacognitivo diz respeito ao conhecimento que cada ser possui, sobre sua cognição, sobre as ações, tarefas, objetos e experiências cognitivas, assim como também sobre os fatores e variáveis que, de alguma forma, influenciam no processo e resultado das ações cognitivas. Esse conhecimento pode ser classificado em três domínios: i) da pessoa; ii) da tarefa e iii) da estratégia. Tais domínios complementam-se, o que conduz para o desenvolvimento do conhecimento metacognitivo (FLAVELL, 1979).

O domínio da pessoa versa sobre o conhecimento sobre si enquanto ser cognitivo, esse pode ser classificado em três tipos: universais, interindividuais e intra-individuais. Por outro lado, o da tarefa, diz respeito ao conhecimento de como lidar com as diferentes informações e do conhecimento sobre as atividades que devem ser realizadas (natureza, critério e exigências). E por fim, o da estratégia está relacionado ao conhecimento das estratégias utilizadas na realização de uma tarefa, no que diz respeito ao seu escopo e especificidade, estas podem ser cognitivas ou Metacognitivas (FLAVELL, 1979).

O monitoramento e a autorregulação da metacognição, por sua vez, consistem em modos de regulação utilizados pelos indivíduos na realização de alguma tarefa, de modo que essas estratégias se desenvolvem juntamente com o conhecimento metacognitivo. A experiência metacognitiva consiste, de forma simples, em tudo que ocorre antes, durante e depois de uma atividade cognitiva, permitindo que os indivíduos possam ter consciência do seu progresso em uma determinada tarefa cognitiva (FLAVELL, 1979; FIGUEIRA, 2003; ROSA, 2004).

O conhecimento metacognitivo e a experiência metacognitiva são elementos constituintes do “modelo de monitoração cognitiva” proposto por Flavell (1979), nesse modelo, dois outros elementos estão atrelados aos anteriores, que são os objetivos cognitivos e as ações cognitivas, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4– Modelo de monitoração cognitiva por Flavell (1979).



Fonte: Rosa (2014, p. 30).

Os objetivos cognitivos referem-se às metas a serem alcançadas em uma tarefa, podendo ser explícitos ou implícitos, são responsáveis por impulsionar e ativar as estruturas cognitivas dos indivíduos. As ações cognitivas dizem respeito às estratégias utilizadas para potencializar e avaliar o progresso cognitivo na intenção de

atingir as metas estabelecidas nas tarefas cognitivas (FLAVELL, 1979; ROSA, 2014).

Sobre isso, Rosa afirma que os

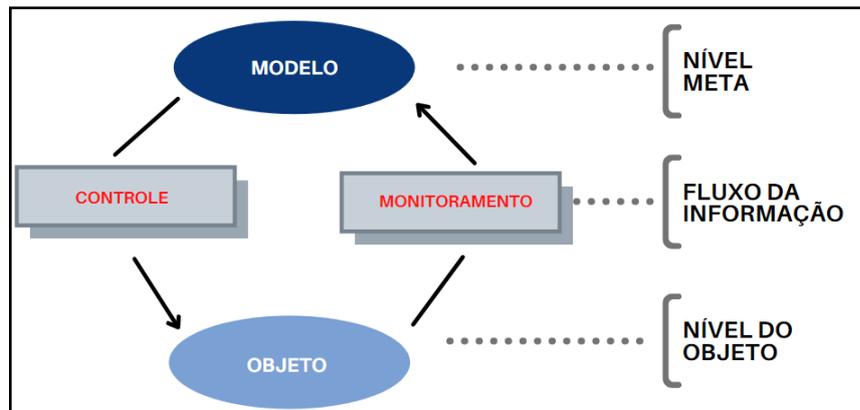
objetivos cognitivos e as ações ativam o conhecimento e as experiências metacognitivas, constituindo o pensamento metacognitivo, que, quando presente, tende a possibilitar ao estudante lograr êxito em sua tarefa (ROSA, 2014, p. 32).

O modelo de monitoramento metacognitivo proposto por Flavell (1979) focaliza estruturas componentes do sistema metacognitivo, no qual o conhecimento e as experiências metacognitivas estão relacionados entre si, na medida em que a interpretação e condução das experiências acontecem a partir do conhecimento metacognitivo, o que pode vir a contribuir para o desenvolvimento e modificação da cognição (JOU; SPERB, 2006). No que diz respeito aos objetivos cognitivos, sejam estes implícitos ou explícitos, são eles responsáveis por impulsionar e/ou manter as atividades cognitivas. As ações cognitivas referem-se às estratégias que contribuem para a avaliação e/ou progresso da avaliação dos processos cognitivos, no que se refere também a eficácia dessas estratégias frente aos objetivos estabelecidos (FIGUEIRA, 2003).

Como todo modelo, o proposto inicialmente por Flavell (1979), também sofreu modificações, por anos este passou a receber influência de outros estudos, onde puderam ser incorporados novos conhecimentos, de origem teórica, daqueles onde o foco estava no processamento de informações, assim como os de origem empírica, originado de diferentes pesquisas, como aquelas onde investigavam a eficiência dos estudantes em determinadas atividades (JOU; SPERB, 2006).

Dentre esses novos modelos que surgem, destaca-se o modelo metacognitivo, proposto por Nelson e Narens (1996), nesse modelo o foco está no processo do fluxo de informações no sistema metacognitivo. Tal modelo é composto pelo Nível Meta, o Nível do Objeto e o Fluxo da Informação, conforme apresentado na Figura 5. Os autores defendem que um sistema metacognitivo eficiente, além de monitorar e refletir sobre o processo, precisa controlá-lo.

Figura 5 – Modelo metacognitivo proposto por Nelson e Narens (1996).



Fonte: adaptado Nelson e Narens (1996, p. 11).

Tal modelo pode ser interpretado da seguinte maneira: no nível meta as ações desempenhadas dizem respeito ao domínio da metacognição, onde é elaborada uma representação/modelo mental do objeto, enquanto no nível do objeto as ações estariam direcionadas ao domínio da cognição (VEENMAM, 2011). Nesse modelo é estabelecida uma relação entre os níveis meta e do objeto, de maneira que o nível meta consegue realizar modificações no nível do objeto a partir das informações que são recebidas dele, as quais também influenciam na representação mental construída.

De acordo com Nelson e Narens (1996), nesse processo podem ser realizadas ações entre esses níveis, que ele chama de saltos, esse processo de “saltar” acontece por meio de dois tipos de relação, que estão presentes no fluxo de informação, sendo elas o monitoramento e o controle.

Na relação de controle, as informações saltam do nível do objeto para o nível meta, com isso a representação/modelo mental elaborado pode vir a sofrer modificações, em virtude das novas informações que foram adquiridas do nível do objeto. Na relação de monitoramento, as informações saltam do nível meta para o nível do objeto, a partir disso acontece a regulação do processo cognitivo ou do próprio objeto, frente as exigências da atividade cognitiva. (JOU, SPERB, 2006; NELSON; NARENS, 1996).

É importante considerar que essas duas relações são interdependentes, ou seja, para que o monitoramento possa ocorrer deve haver movimentação de informação do nível do objeto em direção ao nível meta e para que possa ocorrer o controle deverá haver movimentação de informação do nível meta para o do objeto e,

consequentemente, uma depende da ativação da outra e sem um não ocorre o outro (JOU, SPERB, 2006; NELSON; NARENS, 1996).

O funcionamento desse modelo pode ser exemplificado a partir de uma determinada situação, na qual “se ocorrerem erros no nível do objeto, o monitoramento desses processos irá avisar ao meta-nível e os processos de controle serão ativados para resolver o problema” (VEENMAN, 2011, p. 26). A autora destaca ainda que, nesse modelo, estão presentes também as habilidades metacognitivas, dentro das atividades de monitoramento e controle da atividade cognitiva.

O modelo de monitoramento metacognitivo de Nelson e Narens (1996) mostra-se mais abrangente uma vez que, além de trazer os aspectos do modelo proposto por Flavell (1979), como o conhecimento metacognitivo, a experiência metacognitiva, os objetivos e as ações cognitivas, inclui o processo do fluxo de informação dentro desse sistema, como mostrado na figura 5. Assim, frente a um determinado problema, os indivíduos tendem a fazer uso das estruturas representadas no modelo de Flavell (1979), e a partir disso, conseguem elaborar representações/modelos mentais que serão monitorados e controlados ao longo da resolução do problema (FLAVELL, 1979; JOU, SPERB, 2006; NELSON; NARENS, 1996).

Por esse motivo, adotaremos o modelo de Nelson e Narens (1996), que contempla de forma ampla os aspectos de estrutura e processo, no estudo do sistema metacognitivo, como também se mostra em consonância com os referenciais teóricos discutidos nesse estudo. No que diz respeito, aos aspectos analisados dentro do processo de ensino fundamentado em modelagem (GILBERT; JUSTI, 2002, 2016), assim como na teoria que fundamenta o estudo, a teoria dos modelos mentais de Johnson Laird (1983).

Neste estudo, buscamos investigar o desenvolvimento de habilidades cognitivas como resultado da participação em atividades de modelagem, tais habilidades podem ser identificadas a partir de ações que são realizadas nas diferentes etapas desse processo (MAIA, 2009). No entanto, ao considerar que nesse processo os modelos mentais são “revisitados”, entendemos que existe uma aproximação com o modelo metacognitivo proposto por Nelson e Narens (1996), onde a representação/modelo mental e o objeto de interesse são representados por dois níveis, sendo estes relacionados por um fluxo de informações, onde as ações de monitoramento e controle podem ser realizadas.

Nessa perspectiva, consideramos que além de desenvolver habilidades cognitivas, os estudantes podem também desenvolver habilidades metacognitivas quando envolvidos em atividades de modelagem, principalmente pelo fato que nesse processo eles tendem a revisar o seu modelo várias vezes, ou seja, monitoram e controlam o processo, por meio do fluxo de informações. Assim, no nível meta, estaria o modelo mental, aquele que é elaborado nos estágios iniciais e logo mais expresso, e o nível do objeto, que se traduz no modelo expresso que passa por diversos testes e avaliações, retornando com informações que são utilizadas para modificar e/ou aprimorar o modelo mental e vice-versa. As habilidades metacognitivas podem ser definidas como aquelas que possibilitam os indivíduos “monitorar, orientar, dirigir, e controlar a aprendizagem e o comportamento de resolução de problemas” (p. 12). E cada indivíduo possui seu próprio repertório dessas habilidades, as quais tendem a ser aplicadas sempre que estão frente a uma nova tarefa (VEENMAN, 2012).

Geralmente, as habilidades metacognitivas estão situadas na mente dos indivíduos, logo, estas não podem ser acessadas diretamente. Por isso, elas podem ser conhecidas através do comportamento dos indivíduos na realização das tarefas. As habilidades metacognitivas podem ser identificadas a partir de diferentes atividades, nos diferentes momentos da execução de uma determinada tarefa, ou seja, no início, durante ou ao final dela, conforme define Veenman (2012).

- No início da tarefa, as habilidades podem ser identificadas a partir de atividades como leituras, análises de situação problema/questões, recordação de conhecimentos anteriores, definição de objetivos e planejamento de execução. Essas têm como finalidade preparar para realização da tarefa.
- Durante a tarefa as habilidades podem ser identificadas a partir de atividades como, monitoramento, revisão de ações, anotações e gerenciamento do tempo. Essas têm por finalidade orientar e controlar a realização da tarefa.
- No final da tarefa as habilidades podem ser identificadas em atividades como avaliação do desempenho na atividade em relação aos objetivos, as ações desenvolvidas e os resultados. Tendo por finalidade avaliar e interpretar os resultados a fim de utilizar a experiência em tarefas futuras.

Desta forma, torna-se evidente que além de habilidades cognitivas (investigativas), um processo de ensino fundamentado em modelagem, pode solicitar dos estudantes também habilidades metacognitivas. Assim, as duas classes de habilidades colaboram para o desenvolvimento desses modelos que tendem a atender

com êxito os objetivos estabelecidos frente aos problemas propostos. Além disso, essas habilidades podem vir a ser aprimoradas nesse processo.

2.6 MODELOS MENTAIS E O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS

Para Borges (1999), a ação de pensar está relacionada com a elaboração e utilização dos modelos simplificados da nossa realidade. Tendo em vista que quando os indivíduos estão diante de um modelo consensual e/ou científico, que podem ser apresentados por meio de diferentes fontes, como livros, discussões, aula expositiva, nós construímos um modelo mental, com base naquilo que entendemos. Essa construção acontece por meio do uso de habilidades e competências cognitivas, culturais, linguísticas e sociais, assim como também do conhecimento prévio que temos do tópico de interesse.

De acordo com Johnson-Laird (1983), as representações mentais podem ser de três tipos: as representações proposicionais, que correspondem a estruturas simbólicas e se assemelham a linguagem natural; os modelos mentais, que são representações analógicas de objetos ou situações da realidade e as imagens, que consistem na percepção particular de aspectos específicos do objeto ou situação modelada, ou seja do modelo mental.

Assim, segundo Johnson-Laird (1983), um modelo mental pode ser entendido como uma representação interna de informações que possui uma correspondência análoga com o que está sendo representado na realidade. Tais representações podem ser traduzidas em termos de notações, signos ou conjuntos de símbolos que elucidam algum aspecto do mundo exterior. Desta forma, são os modelos que auxiliam os indivíduos na compreensão de diversos fenômenos, assim como na possibilidade de se fazer inferências e previsões a respeito deles e colaboram também para a capacidade de tomada de decisão e execução de diversas ações envolvidas nesse processo.

Para o autor, os modelos mentais são como blocos de construção presentes no espaço cognitivo humano, que se organizam de acordo com a necessidade de aprendizagem de cada indivíduo. Assim, cada um desses blocos de conhecimento dá suporte para a elaboração de novos conhecimentos a respeito do objeto de interesse

modelado, e uma vez que esse modelo mental é estabelecido pelos indivíduos, eles são levados a adquirir informações complementares que ajudam no aprimoramento dos modelos mentais.

Os modelos mentais podem ser elaborados a partir da percepção, mas também podem ter como fonte de inspiração o discurso e a nossa imaginação. Sua construção se dá por meio da percepção de mundo do indivíduo, do conhecimento prévio que possui e da necessidade de uma estruturação coerente do sistema cognitivo. Assim, a partir de uma determinada situação, os indivíduos tendem a elaborar um modelo para interpretá-la, assim como as relações estabelecidas e imaginadas entre eles, formando uma representação interna, que tem como uma das funções a reprodução da situação (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Posto isto, é importante levar em consideração que cada indivíduo elabora um modelo mental para um conceito, fenômeno ou situação. Assim, mesmo que um grupo de pessoas estejam diante do mesmo objeto de estudo, cada uma delas irá elaborar um modelo mental próprio e é muito provável que todos eles sejam diferentes entre si. Nesse sentido, os modelos mentais atuam como um instrumento muito importante, que possibilita a compreensão e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Outra característica importante, atribuída por Johnson-Laird (1983) aos modelos mentais, é que eles são representações dinâmicas. Isso significa que eles são incompletos, mas que são aprimorados a partir do momento em que novas informações sobre o que está sendo modelado são adquiridas. Esse processo de modificação dos modelos depende de alguns fatores, como o conhecimento acerca do objeto de estudo e da finalidade para qual o modelo está sendo elaborado e da aquisição de novas informações a respeito do objeto de estudo.

Podemos entender a elaboração de modelos mentais como

uma forma de organizar nosso conhecimento sobre um determinado objeto, processo ou fenômeno que usamos para pensar sobre eles por meio de simulação mental. Esses modelos capacitam-nos a realizar ações inteiramente na imaginação. Isso permite-nos internalizar as representações que criamos para as coisas e os estados de coisas no mundo e processá-los como se fossem externos (BORGES, 1999, p. 70.)

Desta forma, a habilidade de elaborar e fornecer explicações para os diferentes fenômenos ou eventos, está diretamente relacionada com a compreensão do que está sendo explicado. Assim, para se compreender um determinado fenômeno ou evento é necessário elaborar um modelo funcional dele, dessa maneira admite-se que o

raciocínio humano está baseado em modelos mentais. Nessa perspectiva, o processo de aprendizagem envolve a elaboração de modelos mentais, que vão desde os mais simples até modelos mais elaborados (BORGES, 1998).

O aprimoramento dos modelos mentais dependerá do refinamento dos modelos prévios e da integração de novas informações a esses modelos. Mas é importante considerar que a ação de integrar informações aos modelos pode não ser cumulativa, ou seja, essa ação pode levar a construção de modelos com diferenças consideráveis em relação aos anteriores. Isso acontece em vista da integração de novas propriedades ao sistema e a realização de considerações a respeito de sua constituição e da inter-relação entre as suas partes, assim como também, da inclusão de novas entidades e a análise de suas influências ao sistema em estudo. Para que tais ações sejam desenvolvidas é necessário que os indivíduos revisem seus modelos continuamente, na intenção de adequá-los às novas considerações realizadas (BORGES, 1999).

Dentre as evidências, que mostram que os indivíduos produziram modelos mentais mais elaborados, está a evolução da compreensão do objeto modelado, assim como também a melhoria na capacidade de elaborar explicações sobre ele. Isso pode ser observado, principalmente, pelo fato de os indivíduos adquirirem informações sobre o objeto que está sendo modelado e, a partir da integração delas aos seus modelos intermediários, formam-se modelos mais sofisticados (BORGES, 1996).

“Quando um estudante consegue revisar e enriquecer os modelos que usa para pensar e falar sobre um fenômeno significa que ele aprendeu a ver aquele fenômeno de uma outra perspectiva, que inclui novos elementos ausentes no antigo modelo” (BORGES, 1999, p. 89). Assim, os estudantes podem vir a conhecer os modelos científicos criados para explicar os diferentes fenômenos e possam a partir desses elaborar seus próprios modelos, mais robustos e consistentes (BORGES, 1998).

3 PROBLEMATIZAÇÃO

É imprescindível que o conhecimento científico seja construído de maneira estruturada, coerente e crítica frente aos processos científicos pelos quais o conhecimento é desenvolvido. Para que isso aconteça, é necessário que os estudantes possam desenvolver e utilizar diversas habilidades a partir das diferentes metodologias empregadas nesse processo. Nesse sentido, buscamos responder o seguinte questionamento: **quais habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas e utilizadas a partir de uma proposta de ensino fundamentada em modelagem?**

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Analisar quais as habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas e utilizadas dentro de uma proposta de ensino fundamentado em modelagem.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar as habilidades de cognitivas utilizadas e desenvolvidas pelos estudantes nos diferentes estágios do processo de modelagem.
- ✓ Identificar as habilidades metacognitivas passíveis de serem desenvolvidas pelos estudantes no processo de modelagem.
- ✓ Descrever como as habilidades cognitivas e metacognitivas emergentes estão associadas na realização das etapas do processo de modelagem.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os aspectos metodológicos e éticos desse estudo.

5.1 DESENHO DA PESQUISA

Nesta pesquisa, objetivou-se analisar como se dá o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas a partir de uma proposta de ensino de química fundamentada em modelagem. Para atingir tal objetivo, consideramos como caminho mais adequado, desenvolver uma pesquisa de caráter qualitativo, tendo em vista que por meio dela buscamos interpretar e atribuir significado aos dados obtidos. Além disso, não há interesse em quantificar os aspectos identificados, somente buscar descrever o maior número possível de elementos referentes ao objeto de estudo (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos objetivos, podemos classificar essa pesquisa em exploratória e descritiva, pelo fato de buscarmos perceber dados não explícitos, levantando o maior número de informações possíveis que tem como finalidade ampliar o conhecimento acerca do nosso objeto de pesquisa. Além disso, procuramos descrever as suas principais características, identificar e estabelecer relações entre as suas variáveis, analisando os dados sem que ocorra interferência do pesquisador (GIL, 2008; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Para construção dos dados da pesquisa, foi utilizada a técnica de estudo de caso, pois buscamos investigar um fenômeno de forma aprofundada dentro de um contexto específico, visando conhecê-lo de forma ampla e detalhada (YIN, 2001). Esta técnica costuma ser empregada quando o pesquisador busca “conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico” (FONSECA, 2002, p. 33).

5.2 CONTEXTO DA PESQUISA

O campo onde a pesquisa foi desenvolvida é o curso de Licenciatura em Química, que faz parte do Núcleo de Formação Docente (NFD) do Campus do Agreste (CA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado na cidade de Caruaru, região Agreste do estado de Pernambuco.

Os motivos que levaram a escolha desse campo foram os seguintes: (i) o conhecimento do pesquisador em relação ao campo de pesquisa, pois trata-se de um egresso do referido curso e instituição; (ii) o perfil do participantes, por estarem em um processo de formação docente, acredita-se que a vivência na abordagem metodológica aqui proposta, pode despertar o interesse dos discentes em desenvolver essa metodologia na sua futura ou atual prática; (iii) aspectos do perfil curricular do curso que fazem parte, ao longo do curso os discentes passam pelas disciplinas de Metodologia do Ensino de Química (MEQs), onde são desenvolvidas muitas discussões acerca do ensino de química, principalmente, no que diz respeito a metodologias de ensino.

Levando em consideração o contexto da pandemia da COVID-19, em que o desenvolvimento das atividades do programa de pós-graduação era realizado de forma remota. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um ambiente virtual, o Google Meet, a escolha desse ambiente se deu em virtude da familiaridade do pesquisador e dos participantes com a plataforma, uma vez que ela foi adotada para a realização das atividades acadêmicas da instituição a qual estão vinculados. Dessa forma, a coleta dos dados foi feita integralmente nesse ambiente, no que diz respeito aos encontros de atividades e as entrevistas com os participantes.

5.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os participantes da pesquisa foram discentes do curso de Química - Licenciatura, do CAA-UFPE. A escolha desses participantes, se deu em virtude do seu perfil, uma vez que estão vinculados a um curso de formação de professores (em formação inicial), assim, acreditamos que a participação nesse estudo pode colaborar para um enriquecimento da sua formação, no que diz respeito a vivência, estudo e reflexão sobre as metodologias de ensino de química. Nesse sentido, o número de

participantes que compõe este estudo foi de 05 discentes, entendemos que esse número de participantes foi suficiente, e possibilitou a produção de dados suficientes para análise do nosso objeto de estudo, considerando também que dispomos de diferentes instrumentos de coleta de dados (entrevistas, atividades).

5.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para definição dos participantes da pesquisa, foram considerados os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

5.4.1 Critérios de inclusão

- I. Ser discente devidamente matriculado (a) no curso de Química-Licenciatura do NFD.
- II. Estar ou já ter cursado uma das disciplinas de Metodologia do Ensino de Química, no semestre em que ocorre a coleta de dados.
- III. Ter disponibilidade para participar de todos os momentos de pesquisa, incluindo atividades e entrevistas.
- IV. Ter ciência sobre a pesquisa, no que diz respeito ao seu objetivo, riscos e demais implicações de sua participação.
- V. Ter conhecimento, aceitar e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

5.4.2 Critérios de exclusão

- I. Não ser discente devidamente matriculado (a) no curso de Química-Licenciatura do NFD.
- II. Não estar ou ter cursado uma das disciplinas de Metodologia do Ensino de Química, no semestre em que ocorre a coleta de dados.
- III. Não ter disponibilidade para participar de todos os momentos de pesquisa, incluindo atividades e entrevistas.

- IV. Não ter conhecimento da pesquisa, não aceitar participar ou não assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

5.5 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

A seleção dos participantes foi realizada em duas etapas, na etapa inicial foi realizado um convite público de participação voluntária na pesquisa, em que se divulgou através dos meios de comunicação do curso de Licenciatura em Química: site, página do Facebook e Instagram e nas turmas de Metodologia do Ensino de Química. Em que constou a descrição e objetivos da pesquisa, a identificação dos pesquisadores responsáveis e o tempo relativo de realização das atividades pesquisa.

Neste convite, também foi disponibilizado um link para um formulário, elaborado no Google *Forms*, em que os interessados em participar da pesquisa, puderam preencher e assinalar algumas informações pessoais (nome, e-mail, telefone) e acadêmicas, que serão imprescindíveis para participação na pesquisa. Os discentes também tiveram a possibilidade de manifestar interesse de participação na pesquisa diretamente ao pesquisador responsável, aos quais foram repassadas as informações necessárias a respeito da participação destes no estudo.

O formulário foi elaborado com base nos itens I a IV dos critérios de inclusão dos participantes para pesquisa apresentados no tópico 7.4 desta pesquisa. Por meio dele, foi possível fazer a seleção dos participantes que atendiam aos critérios (I a IV) de inclusão da pesquisa.

E como etapa final da seleção, enviou-se o Termo de Consentimento (item V dos critérios) de participação. Este que foi devidamente preenchido e assinalado pelo candidato a participante da pesquisa. Dessa forma, puderam ser definidos os participantes da pesquisa e posteriormente iniciados os procedimentos de coleta de dados.

5.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos que foram utilizados para construção dos dados dessa pesquisa, estavam em congruência com aqueles já utilizados por referenciais teóricos que discutem o processo de ensino pautado na modelagem (FERREIRA, 2006; MAIA, 2009; MENDONÇA, 2008; QUEIROZ, 2009; SOUZA, 2007), e foram os seguintes: entrevistas e os artefatos produzidos pelos estudantes durante todo o processo.

5.6.1 Entrevistas

As entrevistas foram utilizadas a fim de elucidar as ações realizadas pelos estudantes durante todo o processo de modelagem, mas também aquelas que podem ser desenvolvidas para além desse processo. Por meio delas, se teve a possibilidade de deixar explícita e aprofundar a compreensão a respeito das ações desenvolvidas nas etapas do processo. Assim, as entrevistas realizadas foram do tipo semiestruturadas, sendo elaboradas com base nos referenciais teóricos discutidos no capítulo 2 e a partir das observações e inferências feitas nos momentos e demais dados levantados.

5.6.2 Artefatos produzidos pelos discentes

Os artefatos que foram produzidos pelos estudantes incluem as atividades de modelagem e os modelos desenvolvidos ao longo de todo o processo. Esses artefatos puderam utilizados para verificar as coerências e/ou incoerências com respeito aos dados apresentados por meio dos outros instrumentos utilizados neste estudo. Assim, a partir da triangulação dos dados dos diferentes instrumentos buscou-se apresentar uma maior coerência na análise e discussão dos resultados obtidos.

5.7 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DOS DADOS

O levantamento dos dados foi realizado em duas partes, que chamaremos de Bloco I e Bloco II. O Bloco I corresponde aos quatro momentos de atividades (síncronas e assíncronas) e o Bloco II corresponde aos momentos de entrevista, que aconteceram posteriormente a realização do Bloco I.

As atividades desenvolvidas com os participantes foram elaboradas com base nas etapas fundamentais do processo de modelagem (JUSTI, 2019) sendo elas: elaboração, expressão, teste e avaliação. Além disso, tais momentos englobaram as subetapas do processo de modelagem que foi desenvolvida por Justi e Gilbert (2002), podendo estas serem definidas como atividades de modelagem.

Os momentos de entrevista do Bloco II, que serão do tipo semiestruturadas (GIL, 2008), ocorrerão logo após a conclusão do Bloco I. Esse tempo estabelecido para realização das entrevistas, se deu em virtude de buscar garantir a fidedignidade das informações a partir da rememoração das vivências dos discentes na realização das atividades de modelagem.

Dessa forma, os procedimentos para coleta dos dados da pesquisa foram os seguintes:

5.7.1 Bloco I

Neste bloco, aconteceu a realização de 4 encontros síncronos com os participantes da pesquisa, que ocorreram em 4 semanas consecutivas, sendo 1 encontro em cada uma delas. Cada encontro durou cerca de 3 horas, todo deles aconteceram através do *Google Meet*. Em cada um deles foi realizada uma das atividades de modelagem, que abordavam o conteúdo de estados físicos da matéria, conforme sistematiza o quadro 4.

Quadro 4 – Sistematização das atividades do Bloco I.

Encontro	Atividade
01	<i>Analisando e classificando os estados dos materiais (APÊNDICE A)</i>
02	<i>Construindo modelo (s) para o estado gasoso (APÊNDICE A)</i>
03	<i>Elaborando modelo (s) para o estado líquido (APÊNDICE A)</i>
04	<i>Desenvolvendo modelo (s) para o estado sólido (APÊNDICE A)</i>

Fonte: O Autor (2021).

As atividades eram compostas de questões abertas (problemas) a respeito do conteúdo, dentro da perspectiva do ensino fundamentado em modelagem, que deviam ser respondidas em cada um dos encontros.

5.7.2 Bloco II

Neste bloco, foram desenvolvidas as entrevistas individuais com os participantes da pesquisa, foi realizada pelo menos uma entrevista individual com cada um deles. As entrevistas foram do tipo semiestruturadas e seguiram o roteiro que é apresentado no Apêndice B. As entrevistas ocorreram posteriormente a finalização das atividades do bloco I, por meio do *Google Meet*. O cronograma de realização das entrevistas foi desenvolvido a partir da disponibilidade de cada participante.

6 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

A realização da presente pesquisa obedeceu aos preceitos éticos da Resolução 466/12 ou 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e as Orientações da CONEP sobre pesquisas em Ambiente Virtual.

6.1 RISCOS

Os possíveis riscos que foram ocasionados aos participantes da pesquisa são o de constrangimento em virtude do surgimento de dificuldades na resolução das atividades de intervenção proposta, além disso todos os momentos de encontro dentro do ambiente virtual serão gravados, sendo outro motivo pelo qual os indivíduos podem sofrer algum tipo de constrangimento. Por fim, são considerados outros riscos como a tomada de tempo dos participantes ao participar das atividades propostas, podendo ainda desencadear cansaço e tensão.

Apesar dos riscos sinalizados, garantimos à confidencialidade e privacidade segura de todos os participantes da pesquisa. Nos momentos de interação buscaremos estabelecer diálogos, que tem como intenção esclarecer todos os objetivos da pesquisa e possíveis dúvidas dos participantes durante a realização da pesquisa. Assim pretende-se desenvolver uma empatia e relação de confiança para com os participantes, que resulte na minimização de qualquer constrangimento ou desconforto deles.

6.2 BENEFÍCIOS

Esta pesquisa propicia aos participantes a vivência de uma nova abordagem metodológica para o ensino de química, no que se refere ao ensino fundamentado em modelagem, e a análise das habilidades cognitivas e metacognitivas desenvolvida e utilizadas dentro desse processo. Além disso, possibilita que os participantes enquanto professores em formação desenvolvam uma formação crítica e reflexiva acerca das metodologias de ensino utilizadas e de aspectos atrelados a esse processo, como as habilidades, contribuindo como uma estratégia didática passível de ser empregada no contexto da sala de aula pelos professores.

6.3 ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Os dados coletados nesta pesquisa, imagens, filmagens, gravações e atividades, ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador pelo período de mínimo 5 anos.

7 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Como apresentado no tópico 5.7 os momentos de pesquisas foram definidos de acordo com as etapas fundamentais do processo de modelagem, elaboração, expressão, testes e avaliação, definidas por Justi (2019).

Assim, para análise dos nossos dados utilizou-se o quadro 5 que tem por base o Quadro 3, elaborado por Maia (2009), acrescido de outro elemento, que corresponde à especificação das etapas nas quais estão incluídas as subetapas do processo.

Quadro 5 – Etapas e subetapas do processo da modelagem e as habilidades cognitivas.

PROCESSO DA MODELAGEM		HABILIDADES COGNITIVAS
ETAPA	SUBETAPA	
ELABORAÇÃO	Definir o objetivo do modelo	<ul style="list-style-type: none"> → Analisar e compreender a situação-problema. → Sistematizar o problema por meio da formulação de questões.
	Ter experiência com o alvo	<ul style="list-style-type: none"> → Observar propriedades do sistema em estudo. Selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva). → Buscar informações já disponíveis na literatura. → Identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios sobre o sistema em estudo que sejam relevantes.
	Selecionar a origem para o modelo	<ul style="list-style-type: none"> → Conhecer diferentes formas de obter e relacionar informações. → Selecionar ideias e modelos prévios. → Aplicar modelos e ideias prévias a novas situações
EXPRESSÃO	Produzir um modelo mental	<ul style="list-style-type: none"> → Integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos.
	Expressar em algum dos modos de representação	<ul style="list-style-type: none"> → Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação. → Comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas.

TESTES	Conduzir experimentos mentais	<ul style="list-style-type: none"> → Elaborar questões hipotéticas. → Planejar e conduzir experimentos adequados. → Identificar variáveis relevantes. → Selecionar procedimentos. → Analisar os resultados obtidos e as implicações deles.
	Planejar e conduzir testes empíricos	<ul style="list-style-type: none"> → Planejar experimentos adequados. → Identificar variáveis relevantes. → Selecionar procedimentos. → Utilizar instrumentos de medição e de cálculo. → Coletar, analisar e interpretar os dados.
AVALIAÇÃO	Considerar abrangências e limitações do modelo mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.	<ul style="list-style-type: none"> → Analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos. → Estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.

Fonte: Adaptado Maia (2009).

O Quadro 5, foi utilizado como referência para identificação das habilidades utilizadas e/ou desenvolvidas pelos estudantes na participação das atividades, por meio dos dados construídos a partir dos diferentes instrumentos utilizados neste estudo: entrevistas e artefatos produzidos pelos estudantes.

Para elaboração do Quadro 3, Maia (2009) adota a perspectiva de que as habilidades relacionadas ao processo de modelagem estão associadas ao “saber fazer”. Posto isso, também adotamos tal perspectiva neste estudo. Sendo assim, considerou-se para análise as ações que puderam ser realizadas dentro ou fora dos momentos de encontro, desde que estivessem relacionadas com o desenvolvimento das atividades propostas. Além disso, visando complementar o instrumento de análise (quadro 5) adotou-se a ferramenta desenvolvida por Maia (2009) em sua tese de doutorado.

O Quadro 5, também foi utilizado como uma referência para identificarmos as habilidades metacognitivas desenvolvidas no processo de modelagem pelos estudantes. Uma vez que, dentro da perspectiva adotada neste estudo, essas

habilidades podem estar também associadas a ações desenvolvidas nesse processo, o que se traduz em termos de comportamentos na realização de tarefas como definido por Veenman (2012). Além disso, as habilidades metacognitivas e cognitivas podem estar correlacionadas, de maneira que contribuem para o aprimoramento das mesmas e dos modelos elaborados nas atividades de modelagem.

Os principais atributos dessa ferramenta foram sistematizados no Quadro 6, onde estão relacionadas às subetapas do processo, as ações desenvolvidas e a sua descrição. A integração dos Quadros 5 e 6 possibilitou estabelecer uma análise mais assertiva e coerente das habilidades, principalmente no sentido de identificá-las e de compreender em que momentos elas foram requeridas/utilizadas a partir dos nossos instrumentos de coleta de dados. O quadro 6 apresenta-se mais amplo, no sentido de que, além de especificar as habilidades relacionadas ao processo, também apresenta as ações que são realizadas pelos estudantes e que podem estar relacionadas ao desenvolvimento das habilidades.

Quadro 6 - Ferramenta de análise das habilidades no processo de modelagem.

SUBETAPA	AÇÃO	DESCRIÇÃO
Definição dos objetivos	<i>Sistematizar o problema por meio da formulação de questões.</i>	A compreensão da situação-problema pelo estudante pode ser observada através da sua capacidade de formular questões ou levantar hipóteses que o ajudem a compreender, analisar e sistematizar o problema em questão
	<i>Observar propriedades do sistema em estudo.</i>	O estudante deve analisar o sistema empírico em estudo (a partir da observação ou descrição apresentada na atividade). O que deve contribuir para o fornecimento de informações sobre o sistema, sejam elas relevantes ou não para o modelo a ser elaborado.
	<i>Selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva).</i>	O desenvolvimento das ideias para a posterior elaboração do modelo depende da capacidade de o estudante conectar o sistema de estudo a conhecimentos trabalhados e consolidados em momentos anteriores. Para isto, é necessário que o estudante selecione tais conhecimentos em sua estrutura cognitiva.

Ter experiência com o alvo	<i>Buscar informações já disponíveis na literatura e/ou com a professora</i>	Uma das formas de o estudante aprofundar seus conhecimentos a respeito do sistema em estudo é buscar elementos na literatura e/ou com a professora que possibilitem o desenvolvimento de suas ideias durante a construção do modelo.
	<i>Identificar propriedades do sistema/ conhecimentos prévios sobre o sistema em estudo relevante para construção do modelo.</i>	Após um estudo do sistema, no sentido de obter mais informações sobre ele, os estudantes devem julgar, dentre as diversas propriedades observadas, aquelas cruciais para o desenvolvimento do modelo, isto é, quais propriedades fornecem informações que deverão ser consideradas na elaboração do modelo a fim de que ele responda a seus propósitos iniciais. A capacidade de contemplar os objetivos propostos para o modelo, bem como seu sucesso, depende, neste primeiro momento, da identificação das propriedades relevantes para a construção do modelo. Para cada sistema em estudo, existem determinadas propriedades que devem compor (ou contribuir para) a elaboração do modelo.
Selecionar a origem para o modelo	<i>Selecionar ideias e modelos prévios e aplicá-los em novas situações.</i>	A elaboração dos modelos pelos estudantes decorre, em geral, de seus conhecimentos prévios, estabelecendo relações e/ou analogias com modelos previamente conhecidos. Entretanto, o sucesso do estudante na elaboração do novo modelo depende da adequação dos modelos prévios selecionados ao sistema em estudo.
Produzir um modelo mental	<i>Integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos tendo em vista os objetivos definidos anteriormente.</i>	Isto pode ser observado a partir da presença de ideias e aspectos de modelos anteriores no novo modelo elaborado, bem como pela coerência das ideias desenvolvidas com os dados disponibilizados para a construção dos modelos. Isto pode ser evidenciado por analogias a modelos anteriores feitas pelos estudantes, de forma explícita; pelo uso de códigos comuns a estudos anteriores; ou, ainda, pela explicação dos modelos construídos, de forma que sejam destacados os conhecimentos prévios empregados.

Expressar em algum dos modos de representação	<i>Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação.</i>	A expressão do modelo implica no conhecimento e uso de códigos de representação e diferentes formas de expressão. A expressão do modelo implica na capacidade de transmissão das ideias elaboradas pelo estudante.
	<i>Comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas.</i>	O momento de apresentação dos modelos para a turma é o momento principal para se avaliar a capacidade de o estudante explicitar suas ideias. Assim, independente da adequação do modelo do estudante ao modelo científico, deve ser analisada a clareza de explicitação.
Conduzir experimentos mentais	<i>Elaborar questões hipotéticas.</i>	Para que o modelo seja testado mentalmente, é necessário que questões hipotéticas sejam formuladas, fazendo com que o teste do modelo consista na busca das respostas a essas questões após o processo de rodar mentalmente o modelo.
Planejar e conduzir testes empíricos ¹	<i>Planejar e conduzir experimentos adequados, identificando variáveis relevantes e selecionando os procedimentos.</i>	Para a proposição de respostas às questões hipotéticas, o aluno deve imaginar formas de empregar e “visualizar” o modelo construído em situações diversas. Esta habilidade se refere à capacidade de o estudante “encaixar” seu modelo em situações que permitam verificar todos os condicionantes propostos pelas questões.
	<i>Analisar os resultados obtidos e as implicações dos mesmos.</i>	Os resultados obtidos pelos estudantes devem ser analisados, de forma que eles sejam capazes de ponderar tanto a qualidade e/ou veracidade dos

¹A condução de testes empíricos refere-se ao planejamento e execução de experimentos, envolvendo coleta de dados e posterior análise deles, de forma que os dados obtidos servem para corroborar ou não as previsões feitas a partir do modelo elaborado.

		dados obtidos quanto à aplicabilidade do modelo nas situações de teste.
Considerar abrangências e limitações do modelo	<i>Analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos.</i>	Após a construção e aplicação do modelo, o estudante deve ser capaz de analisar e criticar a aplicabilidade do seu próprio modelo em relação à capacidade deste de responder às questões iniciais. e, com isso, contemplar os objetivos para os quais foi construído.
	<i>Estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.</i>	O modelo elaborado neste processo visa atender a determinados objetivos, o que não significa que esse mesmo modelo seja adequado em outros contextos relacionados ao mesmo sistema. Assim, através da análise de novas informações e/ou situações, o aluno deve ser capaz de julgar a aplicabilidade de seu modelo, concluindo, a partir disso, sobre a abrangência e as limitações do mesmo.

Fonte: Adaptado Maia (2009).

Para a análise dos dados produzidos nessa pesquisa, optou-se por utilizar a técnica de análise conteúdo, proposta por Bardin (2011). Assim, buscou-se explorar cada uma das etapas que compreendem esse tipo de análise, a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados e todos os processos envolvidos em cada uma delas.

No que diz respeito as categorias de análise, elas puderam ser pré-estabelecidas a partir dos objetivos e dos referenciais teóricos discutidos nesse estudo, dessa maneira, elas serão as seguintes:

- i. Habilidades cognitivas desenvolvidas e utilizadas nas diferentes etapas do processo de modelagem pelos estudantes – Nessa categoria, analisou-se as habilidades cognitivas, que são requeridas nas etapas de criação, expressão, teste e avaliação dos modelos.

- ii. Habilidades metacognitivas desenvolvidas nas diferentes etapas do processo de modelagem pelos estudantes - Nessa categoria, analisou-se as habilidades metacognitivas, que emergem como resultado da participação dos estudantes requeridas nas etapas de criação, expressão, teste e avaliação dos modelos.
- iii. Associação das habilidades a realização das diferentes etapas do processo de modelagem pelos estudantes - Nessa categoria, analisou-se como as habilidades cognitivas e metacognitivas estiveram relacionadas com as diferentes etapas do processo de modelagem e como puderam contribuir para o aprimoramento dos modelos construídos pelos estudantes.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção dos dados da pesquisa aconteceu a partir da participação dos discentes em atividades de modelagem e, posteriormente, de uma entrevista semiestruturada que ocorreu após a realização das atividades. A análise dos dados da pesquisa foi realizada com base na análise de conteúdo (BARDIN, 2011), respeitando as etapas de pré análise dos dados, em que ocorreu uma análise inicial das atividades de modelagem e transcrição das entrevistas; exploração do material, em que houve um estudo mais aprofundado dos dados, levando em consideração as categorias pré-estabelecidas; e por fim o tratamento desses dados, no qual construiu-se as discussões com os apontamentos pertinentes a este estudo.

Nesta apresentação dos resultados e discussão da pesquisa, os estudantes serão identificados por nomes fictícios, que são: Ana, Paulo, Luna, Tina, Marcos, com a intenção de manter o sigilo em relação a participação na pesquisa. No quadro 7 são apresentadas algumas características sobre os participantes desse estudo, na intenção de humaniza-los frente a apresentação dos resultados. Acrescentando-se que, todos os trechos apresentados nesta seção são oriundos das entrevistas realizadas com os participantes do estudo.

Quadro 7 – Informações sobre os participantes da pesquisa.

NOME	SEXO	IDADE (anos - faixa)	CURSO	DISCIPLINA
Ana	Feminino	18 - 25	Lic. em Química	MEQ II
Paulo	Masculino	18 - 25	Lic. em Química	MEQ II
Luna	Feminino	18 - 25	Lic. em Química	MEQ II
Tina	Feminino	18 - 25	Lic. em Química	MEQ II
Marcos	Masculino	18 - 25	Lic. em Química	MEQ II

Fonte: O Autor (2022).

8.1 HABILIDADES COGNITIVAS (HC)

As habilidades cognitivas puderam ser identificadas nas diferentes etapas do processo de modelagem, na intenção de se ter uma clareza e organização na apresentação da discussão dos resultados, que foi construída levando em consideração as etapas desse processo, que são: elaboração, expressão, teste e

avaliação. Além disso, em toda análise e discussão aqui apresentada, foram consideradas todas as atividades de forma geral, assim como também das entrevistas realizadas com os participantes.

Elaboração

A etapa de elaboração é o marco inicial para a construção de um modelo, é nela que os estudantes têm um primeiro contato com o problema que precisa ser solucionado. É nesse momento em que as primeiras considerações a respeito do objeto de estudo são construídas, assim como é/são definido(s) o(s) objetivo(s) para os quais o modelo será construído.

Nesta etapa, foi possível identificar algumas habilidades cognitivas requeridas aos estudantes, como a de sistematizar o problema por meio da formulação de questões/hipóteses, essa habilidade pode ser identificada a partir da fala da discente, a seguir, quando respondido o seguinte questionamento:

No primeiro momento de contato com o problema (inclui leitura e análise) você conseguiu elaborar hipótese ou algum outro tipo de questionamento?

“quando a gente recebe uma pergunta a gente ou responde com outra pergunta né, fazendo outros questionamentos. Então, sempre quando eu li a questão das atividades, eu me questionava como era que eu imaginava” (LUNA).

Pode-se perceber a partir desse trecho da transcrição da fala do discente que, diante da leitura do problema proposto, ele utilizou a capacidade de elaborar questionamentos/hipóteses, de como pode ser o modelo elaborado, na intenção de solucionar o questionamento da atividade. Destaca-se também que os estudantes, revisitando o plano intrapsíquico, conseguem estabelecer objetivos para os quais o modelo estava sendo elaborado.

Dessa forma, observa-se que essa habilidade pode estar relacionada a capacidade de compreender e analisar a situação problema o que pode remeter ao desenvolvimento de outra habilidade, uma vez que, se o discente conseguiu fazer uma análise e compreender a situação problema, pode também favorecer a elaboração de questionamentos e hipóteses de possíveis caminhos para solução do problema.

Além disso, a habilidade de formular hipóteses/questões está relacionada a capacidade do discente realizar sua própria análise e compreensão do problema. Uma vez que, à medida que novos questionamentos surgem, os discentes podem aprimorar seus conhecimentos não somente sobre o problema, mas também sobre o modelo, dado que, nessa instância do processo ele ainda está sendo construído e aprimorado. E fala do discente, a seguir, exemplifica essa potencialidade:

“teve até um exemplo que eu tive que fazer o desenho três vezes para mostrar o meu modelo porque eu ia aprimorando então eu criava uma hipótese. Só que daí eu já ia desconstruindo e pensando em outra coisa reformulando aquela ideia para o que eu achasse que fosse ficar mais” (ANA).

Ainda nessa etapa, entende-se outras habilidades foram potencialmente mobilizadas pelos discentes. Partindo da ideia de que o processo de modelagem não é algo linear, mas que na verdade se configura de forma interligadas durante a realização das subetapas, ou ainda, emergem e são mobilizadas de forma simultânea. Posto isso, as falas dos discentes a seguir sugerem a demanda de outras habilidades, quando feitos os seguintes questionamentos:

Você registrou de alguma maneira informações que descreviam ou pontuavam propriedades e/ou características do objeto de estudo?

Como foi o processo de definição dos objetivos? Quais os critérios utilizados para estabelecê-los?

“Eu acho que eu posso dizer assim, que foi as relações entre o fenômeno e a forma como eu sabia que microscopicamente acontecia, né? E aí eu fui atrás de novo, né de postulados de sentenças. Assim, que representasse essa relação, né. Entre o fenômeno e a dimensão sobre microscópica” (MARCOS).

“Então eu pensei mais microscopicamente então eu fui pontuando nesse viés assim, nessa perspectiva microscópica. Tinha algumas características que eram macroscópicas, mas eu tentei seguir mais pelo microscópio mesmo” (TINA).

Diante desses trechos, infere-se que a habilidade de observação das propriedades do sistema, surge pela primeira vez nesta etapa, visto que a pontuação das propriedades ou características do objeto de estudo, permitiu aos discentes delinear melhor o caminho para construção dos modelos. Principalmente, pelo fato de trazerem aspectos do objetivo de estudo a partir dos diferentes níveis de representação do conhecimento, como o nível sub-microscópico. Dessa forma, conseguem agregar diferentes tipos de conhecimentos, e reconhecer diferentes aspectos do objeto de estudo, que por consequência ajudam os estudantes a construir novas ideias e modelos (FERREIRA, 2006).

A partir das falas expressas pelos estudantes, percebe-se que a habilidade de buscar informações na literatura, também foi utilizada, fato caracterizado quando estudante Marcos afirma de forma breve que precisou consultar postulados para otimizar a elaboração do seu modelo. Assim como nesse momento, falas de outros discentes também possibilitam essa inferência, quando questionados, como mostrado a seguir:

Afim de obter mais informações sobre o sistema em estudo você recorreu a outras fontes de informação? Se sim, quais foram elas?

“eu recorri muito ao Google [...] porque por exemplo química, a gente tem que imaginar muito porque senão a gente não consegue entender. Aí o que eu fazia, eu gostava de ver imagens, por exemplo. Vamos lá, deixa eu observar a imagem de um sol, o que é que tem nesse solo do que eu posso imaginar como essa estrutura o que caracteriza esse solo. Então se o que eu sabia não tava sendo suficiente, eu pegava, vamos pesquisar uma imagem para eu ver, se tá correto aquilo que eu tô pensando ou senão vamos ver algum artigo ou senão vamos ver algum site” (LUNA).

“eu acabei fazendo pesquisas relacionadas ao modelo. Consultando o material de apoio que tu havia disponibilizado para gente. Para eu poder criar uma ideia melhor de modelo e elaborar um adequado. E daí no processo de definição dos objetivos passou justamente nesse sentido, de poder estar consultando esses materiais de apoio para elaboração do modelo no sentido da parte metodológica do que eu imaginei” (PAULO).

Nesse interim, que se relaciona a ação utilizada pelos discentes, é possível remeter a mobilização de outra habilidade, a de conhecer/consultar diferentes formas de obter conhecimento. Assim, com o intuito de aprofundar os conhecimentos acerca do objeto de estudo, os estudantes levantam características e propriedades que possam colaborar para a construção dos modelos, no sentido de aprimorá-los e avaliá-los frente aos objetivos para os quais estão sendo desenvolvidos. O trecho transcrito a seguir, recortado da fala dos estudantes retratam essa intenção:

“sobre o conteúdo, foi no, foi no livro didático o mesmo livro acadêmico como foi dito foi se eu não me engano do Atkins e no modelo eu analisei principalmente os slides eu fui buscar nele os slides pegar algumas informações importantes e aquilo que eu ainda tinha dúvida, eu acabei fazendo pesquisas no Google Acadêmico alguns trabalhos que falassem sobre modelos também algo nesse sentido aí a partir disso foi que eu tentei criar o meu modelo com as hipóteses de definida todos os objetivos e mais detalhes” (PAULO).

A etapa de elaboração do modelo é muito importante, uma vez que é neste momento em que os estudantes irão tentar levantar o máximo de informações relevantes ou não, acerca do objeto de estudo, que serão utilizadas para dar início a construção dos seus modelos. Por isso, a capacidade de buscar informações a partir de fontes externas acaba se tornando uma necessidade do estudante, principalmente quando seu conhecimento prévio ainda é insuficiente para aprimorar o seu modelo. A partir da relação entre as novas informações e os conhecimentos prévios dos estudantes, que há o favorecimento do surgimento de novos conhecimentos e/ou do aprimoramento dos anteriores, assim como também dos seus modelos (FERREIRA, 2006; SOUZA, 2007).

Há ainda a possibilidade de a pesquisa por informações adicionais acontecer devido a percepção do aluno de que existe a necessidade de complementar seu conhecimento prévio acerca do objeto, preenchendo lacunas ou complementando com novas perspectivas. Partindo dessa compreensível que outra habilidade possa emergir dentro dessa etapa.

Observa-se nas ações e posicionamentos dos estudantes desenvolvidas nessa etapa que à medida que eles refletem acerca do conhecimento que tem sobre o problema, eles acabam por lembrar, articular e fazer uso desse conhecimento para pontuar as características do seu modelo. Pautado nisso, atribui-se a capacidade dos estudantes de selecionar conhecimentos prévios (da estrutura cognitiva). A transcrição das falas dos estudantes apresentadas a seguir, ao responder à pergunta, corroboram com tal manifestação de habilidades:

Para o levantamento de informações ou resolução do problema você conseguiu se recordar ou utilizar algum conhecimento prévio?

“se os conhecimentos que eu tinha eles forem concretos e forem coerentes com aquilo que eu tava fazendo que eu queria no meu modelo então utilizava se o meu o meu conhecimento prévio não tava condizendo com que eu queria mostrar então aí eu não utilizava” (LUNA).

“voltei para o que eu já sabia, né. Para os conhecimentos que eu tinha e busquei assim, dentre o que a pergunta né. Dentro do que da situação que eu que me era demandada modelar buscar se construir um modelo que respeitasse aquilo” (MARCOS).

“os conhecimentos que eu fui adquirindo no decorrer do curso e algumas coisas que eu já sabia também experiência dentro da sala de aula nesse sentido me ajudaram bastante até por conta da elaboração” (PAULO).

Para que os estudantes conseguissem construir seus modelos de maneira satisfatória, foi interessante que eles realizassem a busca de informações em diferentes fontes e meios, e ainda buscassem lembrar e utilizar seus conhecimentos prévios. Uma vez que, essas permitem prospectar que informações sobre o objeto de

estudo são suficientes para construir um modelo, mobilizando criticamente seus conhecimentos anteriores. O que lhes orienta no questionamento de que saberes lhes faltam, qual a sua natureza e onde podem buscá-los.

O desenvolvimento dessas habilidades nessa etapa da modelagem é muito importante, pois contribui para que o modelo consiga atender os objetivos propostos. Assim como defende Justi (2009), a relação entre as diferentes informações colabora para que os estudantes consigam tratar da qualidade delas e abre espaço para o desenvolvimento de argumentos mais adequados para elaboração do modelo em congruência com seus objetivos.

Ainda na etapa de elaboração dos seus próprios modelos, os estudantes puderam avaliar criticamente modelos já existentes. Tal relato e impacto da assimilação crítica desse modelo resultante do levantamento de dados, pode ser registrado na fala da aluna Tina:

Na análise do sistema em estudo (o problema) você recorreu a algum modelo já existente? Qual foi ele? Quais os aspectos desse modelo contribuíram para com o seu? De que maneira ele se relacionou com o seu modelo?

“busquei assim na memória de alguns dos meus modelos, eu lembrei da do ensino básico mesmo de como eu como aluna via. Aquele modelo então eu meio que repliquei. Porque para mim facilitou então eu lembrei e repliquei alguns outros, eu cheguei a discutir com alguns colegas”.

Essa ação descrita pela fala do discente remete à utilização de outra habilidade, a de aplicar modelos e ideais prévias a novas situações. Essa habilidade é bastante útil, pelo fato de que permite aos discentes identificar e adequar características e propriedades relevantes do modelo anterior, ao seu novo modelo, construído em um novo contexto.

Expressão

A próxima etapa do processo de modelagem é a de expressão do modelo, mas que pode ser entendida ainda como parte da etapa de construção, uma vez que a todo momento os discentes tendem a modificar seu modelo em virtude do conhecimento que obtém do objeto de estudo, com isso, tendem a produzir modelos mentais mais sofisticados à medida que integram as diferentes informações e por consequência realizam modificações em seus modelos expressos (BORGES, 1996).

Ela é uma etapa de grande mobilização reflexiva, visto que é nesta que acontece a concretização do modelo mental que vem sendo desenvolvido. Tendo em vista que não é possível de se ter acesso aos modelos mentais construídos inicialmente, pois se trata de uma atividade interna dos estudantes (JUSTI, 2019; MAIA, 2009).

Nesta etapa, uma das habilidades que pode ser identificada é a de integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos, conforme mostra a fala a seguir.

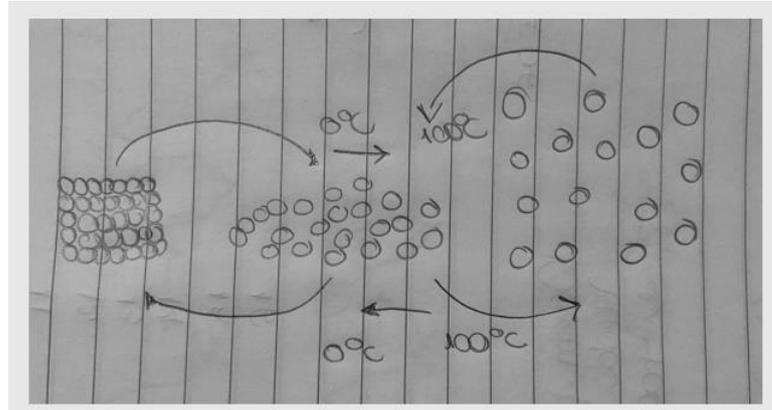
“a partir da minha definição, eu já comecei a imaginar como seria meu modelo. Então eu utilizei a questão 2 a questão 3 para juntar tudo aquilo que eu coloquei e tentar matar o meu modelo [...] a primeira sistematização que eu fiz foi juntar tudo aquilo que eu já tinha de conhecimento prévio. Aí depois eu somei aos que eu pesquisei e depois vi se casava com o que a atividade pedia” (LUNA).

Percebe-se aqui, que essa habilidade foi utilizada pelo discente na integração das ideias, tanto daquelas obtidas de fontes externas, como também a partir dos seus conhecimentos prévios, aplicando-os na (re)construção do seu modelo. Além disso, isso pode ser observado também através da capacidade do estudante de representar o seu modelo a partir dos diferentes modos de representação, da integração de informações obtidas e da presença desses elementos no modelo apresentado.

As figuras 6 e 7 a seguir são recortes dos modelos elaborados nas atividades pelos estudantes e a partir delas podemos perceber que eles conseguiram representar

seus modelos a partir de diferentes modos. Diante disso, nota-se que os discentes inicialmente conseguiram selecionar e definir os modos adequados aos seus modelos mentais, expressando-os em diferentes modos.

Figura 6 - Modelo elaborado pelo discente na atividade de modelagem 01.



Fonte: Material elaborado pelo discente (2022).

Figura 7 - Modelo elaborado pelo discente na atividade de modelagem 02.

* Memória					
Volume	0,0	1,0		1,0	Menor volume
Menor pressão	1,0				Menor pressão
Bastião		0	0		
		0	0		
		0	0		
Cajinha					

Através do desenho é possível perceber a diferença entre o tamanho (volume) dos sistemas e a distância entre as moléculas em cada um deles. Logo, pode-se ter uma noção visual da expansão do gás de um sistema fechado para um aberto.

Como ambos os casos tratam de um mesmo conteúdo (a expansão e compressão de um gás), pode-se usar basicamente o mesmo modelo. O modelo visual é simples e prático de relacionar com a equação dos gases perfeitos. Ambos aliados conseguem completar a explicação do conteúdo.

Fonte: Material elaborado pelo discente (2022).

A partir do material produzido, a saber, representação pictográfica do comportamento da matéria a nível atômico-molecular, foi possível identificar outras duas habilidades, uma delas, é a de utilizar e interpretar diferentes formas de representação na elaboração de novos conhecimentos, que pode ser inferida a partir dos modelos apresentados nas figuras 6 e 7. Tal inferência é corroborada a partir das transcrições das falas dos estudantes, como é mostrado a seguir.

Qual foi a forma de expressão que você utilizou para apresentar o seu modelo? Por que escolheu este?

Houve alguma motivação para escolha desse modo de representação? Se sim, qual?

“eu acho que a gente já pensa no modelo visual, porque ele é mais prático, né? Colocar uma imagem e falar sobre ela [...] eu queria que os meus alunos tivessem experiência mais completa e às vezes só visualizar não torna a experiência plena [...]” (ANA).

“Eu escolhi o modelo verbal, né em todos os casos. é porque como se tratava de processos, eu acho que até tentei explicar isso lá no na Trindade como se tratava de processos. Eu achava muito assim para mim era mais fácil explicar as coisas em palavras, né definir postulados e partindo deles explicar as relações” (MARCOS).

“Eu acho que para mim eu tenho facilidade em aprender vendo, então, eu pensei que é uma forma visual [...] o conteúdo seria mais fácil de entender, né?. O modelo ali facilitaria” (TINA).

A ação de utilizar e interpretar diferentes formas de representação na elaboração de novos conhecimentos pelos discentes torna-se essencial a partir do momento em que eles precisam expressar o seu modelo mental. E a utilização dela se mostra por meio da capacidade dos discentes de utilizar, avaliar, as diferentes formas de representação, essa denotada a partir das falas dos alunos acima transcritas. Nota-se que eles conseguem pensar na forma de representação mais adequada à representação do seu modelo, como também na clareza da ideia que eles pretendiam representar.

Utilizar o modo de representação mais adequado ao seu modelo, contribui para que os discentes consigam exibir com maior fidelidade os elementos do seu modelo mental e como consequência atingir os objetivos para os quais foi elaborado. Além disso, a representação adequada do modelo, reflete na execução e no desempenho dele nas demais etapas do processo de modelagem, ou seja, nas etapas de testes e avaliação do modelo (JUSTI, 2006).

Expressar o modelo mental no modo mais adequado colabora também para a comunicação das informações para terceiros (não somente eles) que o modelo busca representar. Nesse ponto de vista, percebe-se que outra habilidade foi utilizada pelos discentes nessa etapa, que foi a de comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas, como pode ser observado nos recortes das atividades realizadas pelos estudantes conforme as figuras a seguir:

Figura 8 - Recorte da resolução da atividade de modelagem 03.

O mercúrio fica armazenado dentro de um compartimento de vidro, e como a maioria dos líquidos o mercúrio se expande quando há o aumento de temperatura, ou seja, a característica de fluidez do líquido, e das moléculas que estão mais afastadas do que em um sólido permitem o mercúrio ter essa expansão após o aumento da agitação das moléculas.

Fonte: material elaborado pelo discente (2022).

Figura 9 - Recorte da resolução da atividade de modelagem 03.

O aumento da temperatura proporciona uma propagação rápida do gás, pois com isso, há uma elevação na energia cinética das moléculas, favorecendo assim, a expansão mais rápida do gás em questão. Com temperaturas mais baixas, a energia cinética é menor, consequentemente o número de colisões é menor, logo a velocidade de expansão do gás também será menor.

Fonte: material elaborado pelo discente (2022).

Diante desses recortes, podemos observar como a ação de comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de termos adequados foi utilizada pelos discentes. Nas suas respostas, eles apresentaram uma escrita clara e concisa. Assim como também trouxeram conceitos específicos do conteúdo utilizando uma terminologia adequada para falar sobre os processos e fenômenos relacionados com o objeto de estudo.

Testes

Seguindo com o processo de modelagem, a próxima etapa diz respeito à etapa de testes. Partindo da ideia de que os estudantes conseguiram expressar seus modelos de maneira satisfatória frente aos seus objetivos. Esse é o momento em que os testes dos modelos construídos ganham ênfase, estes poderiam ser realizados a partir de duas perspectivas, a empírico e a mental.

A primeira está relacionada a uma aplicação mais prática do modelo, com coleta, tratamento e análise de dados (resultados) e por meio de uma aplicação mais teórica do modelo, trabalhando mais no campo “hipotético” (GILBERT; JUSTI, 2002; JUSTI, 2009; MAIA, 2009). Ambas as abordagens requerem dos à mobilização de algumas habilidades comuns independentemente do caráter prático ou teórico da testagem e outras distintas específicas a forma como os modelos foram testados.

De início, percebe-se que em sua maioria, os estudantes optaram por realizar testes mentais (hipotéticos) dessa forma algumas habilidades relacionadas ao campo empírico não foram possíveis de ser percebidas a partir dos dados analisados. Nesse sentido, nesta etapa, puderam ser identificadas algumas habilidades utilizadas pelos estudantes no desenvolvimento desse processo.

Uma delas é a capacidade de elaborar questões hipotéticas, que entendemos está relacionada a outra habilidade, a de utilizar/aplicar seus modelos em novas situações, tal inferência pode ser retratada na transcrição da fala dos discentes:

Além dos questionamentos você conseguiu aplicar seu modelo em outras situações (de maneira hipotética)? Se sim, quais? Se não, por quê?

“imagino que eles seriam suficientes para algumas situações, né. É para compreender alguns outros aspectos do estado gasoso, do estado líquido, das transições de fase” (MARCOS).

“é aquilo que eu sempre faço eu coloco no papel logo se não tá legal e não tá casando com aquilo que eu li com que eu estudei eu volto. Então para dar certo, eu sempre volto ao teórico para colocar e fazer” (LUNA).

Como pode-se observar, a partir da expressão do modelo pelos estudantes, o primeiro passo na etapa de teste, foi justamente imaginar o seu modelo em outras novas situações, sejam aquelas que buscam solucionar algum questionamento, ou ainda o uso do modelo para explicar propriedades e características de determinados fenômenos ou processos, como foi o caso aqui apresentado.

Nesse ponto de vista, entende-se que a partir do momento em que se imagina o modelo em uma nova situação, o discente tende a elaborar novas ou aprimorar as hipóteses que já haviam sido pensadas no momento inicial do processo, em vista de como o seu modelo se saiu no teste mental realizado. Essa descrição pode ser caracterizada a partir do relato da discente, como respostas aos questionamentos seguintes:

Tendo em vista o seu modelo expresso, você elaborou/pensou em novos questionamentos visando solucioná-los com o emprego do seu modelo?

A partir da aplicação do seu modelo, foi necessário realizar alguma modificação/revisão? Se sim, qual (is)? Por que você considerou necessário?

“Eu utilizei o modelo que eu fiz com eles, porém eles ainda continuaram com dúvida. O que eu fiz? [...] como se fosse abrir o termômetro ao meio, vou explicar como é que acontece com um termômetro, como é que funciona o termômetro de mercúrio. [...] eu tive que fazer algumas modificações [...]. Mas utilizei muito do modelo que eu fiz, mas modifiquei o que para atender as necessidades daquela forma modifica para ele conseguir entender de outra forma” (LUNA).

Diante dessa fala, foi possível identificar que o discente duas habilidades eram esperadas dentro das subetapas de teste. A primeira delas diz respeito a identificar variáveis relevantes, que se traduz nessa situação em que o estudante identifica os pontos/características do seu modelo que precisam ser modificadas para que assim ele pudesse passar com clareza as ideias que busca representar, já que de início o modelo não conseguiu atingir seu objeto, que era de explicar o processo.

A outra habilidade, refere-se a selecionar procedimentos que foi percebida a partir da ação da aluna de aplicar e reaplicar seu modelo diante dos resultados obtidos

inicialmente obtidos, ou seja, de perceber que o seu modelo não estava sendo suficiente para representar as ideias que ela queria, que a instigou a uma mudança de estratégia de representação reelaborando seu modelo para atingir seu objetivo.

Ainda nesta etapa, foi possível identificar a habilidade de analisar os resultados obtidos e as implicações deles, como pode ser verificado na fala apresentada abaixo:

Você conseguiu aplicar seu modelo de maneira mais prática? Se sim, obteve que tipo de resultado? De que maneira você analisou-os?

Esses dados colaboraram para realização de alguma modificação para o seu modelo? De que maneira foi feita a relação desses dados com o modelo?

"Uma das ideias que eu tive de representação seria um modelo matemático, né. [...] que relacionassem proporções diretas coisa bem, bem simples. [...] os meus dados que eu gerei assim de com experimento não foram conclusivos para um modelo matemático. Embora, eu conheça a relação, relações entre pressão temperatura volume., [...] O meu experimento não me deu o resultado assim, eu não consegui concluir muita coisa com aqueles números"

(MARCOS).

Baseando-se na compreensão expressa nesse trecho, infere-se que o discente mobilizou habilidade analisar os resultados obtidos a partir do teste do seu modelo e quais as suas implicações. A partir dela, ele obteve resultados a respeito do modelo do modo escolhido para expressão, e diante desses, pôde realizar uma análise, lhe permitiu observar a insuficiência do seu modelo e relacioná-la ao seu conhecimento prévio que lhe servia de base. Diante desse conflito, foi possível que fossem tiradas conclusões a respeito das implicações do seu modelo, principalmente no que diz respeito ao modo pelo qual ele foi expresso.

Essas habilidades mostram-se essenciais dentro desse processo, pois elas contribuem não somente para a etapa de teste, mas também para as demais etapas do processo, pois é nesse momento em que o modelo é colocado à prova e tende a sofrer diversas modificações. Como aponta Maia (2009) quando aponta que as habilidades tendem a ser transferidas de um processo para outro dentro do processo de modelagem, com isso, contribuem para o aprimoramento seu, e dos modelos.

Assim, entende-se que o modo escolhido para expressar, por exemplo, não foi o mais adequado, ou ainda, não conseguiu representar de maneira fiel o modelo mental que o estudante havia elaborado, o que demandou de uma análise dos pontos relacionados a construção, expressão e teste dos modelos.

Avaliação

A etapa de avaliação pode ser entendida como a última do processo de modelagem, mas que não remete necessariamente à finalização da elaboração do modelo. Tendo em vista que a partir dela é possível que o estudante precise retornar e vivenciar novamente outras etapas ou ainda, que consiga considerações suficientes para dar seu modelo como desenvolvido e finalizar o processo. Portanto, assim como nas demais etapas, está também traz a possibilidade de que os discentes possam utilizar e desenvolver habilidades.

Uma das habilidades que foi identificada é a de analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos, como mostra os recortes das falas a seguir.

Considerando os objetivos estabelecidos para elaboração do seu modelo você consegue estabelecer uma relação entre eles?

“Sim consegui na verdade eu sempre retornava a esses objetivos, quando eu quando eu precisava se me bater a dúvida sobre o que que aspectos sejam mais relevantes, o que que tem que confiar aqui, aí eu retornava para os objetivos” (MARCOS).

“é aquilo que eu sempre faço eu coloco no papel logo se não tá legal e não tá casando com aquilo que eu li, com que eu estudei, eu volto. Então para dar certo, eu sempre volto ao teórico para colocar e fazer” (LUNA).

Com base nesses trechos, foi possível evidenciar a inferir a mobilização da habilidade de analisar a extensão do modelo. Que pode ser utilizada por eles não somente no momento de avaliação do modelo, mas também durante outros momentos

do processo de elaboração, auxiliando-os na revisão e aperfeiçoamento de aspectos dos seus modelos, de forma iterativa a fim de atingir os objetivos para os quais eles foram desenvolvidos.

Além disso, essa habilidade contribui também para a capacidade de análise e crítica do modelo, já que permite que eles possam perceber limitações dos seus modelos, que podem ou não refletir no sucesso deles frente aos questionamentos iniciais. Nesta etapa, os estudantes tendem a elaborar considerações a respeito do seu modelo, no que diz respeito a abrangência e limitações, fazendo uma análise da utilidade dele, em um contexto mais geral (JUSTI, 2015).

O trecho a seguir transcrito da fala do discente Marcos (2022), retrata a mobilização dessa habilidade, além de outra habilidade referente à capacidade de estabelecer relações entre o modelo proposto em um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.

Diante de todos esse processo você consegue identificar alguma limitação do seu modelo? De que forma você as identificou? Como foram pontuadas ao longo do processo de elaboração?

“quando eu fui chegando assim no fim da atividade, eu fui percebendo algumas insuficiências naquele modelo, né? Como a questão da farinha, né? Que é só lidar mais que para o que eu tinha construído não servia né? O modelo de estado sólido que eu tinha construído não levava a uma compreensão de farinha como um fluido. E aí eu comecei a perceber. Diga a esse modelo não tá suficiente aqui, né? Ele pode levar é que os conceituais e tudo mais.”

A utilização dessas habilidades sugere que o discente, inicialmente consegue analisar a extensão do seu modelo, a partir do momento em que o aplica em um contexto e faz uma análise dos resultados obtidos, comparando-os com o que era esperado. Além disso, consegue perceber as possíveis limitações que o seu modelo apresenta.

Posteriormente, ele faz uma relação entre o seu modelo e a aplicação dele em um contexto diferente, sugerindo sua capacidade de tornar esse modelo mais geral, mais amplo. Atribui-se essa capacidade a forma como a partir da modelagem, novas informações foram integradas modificando o contorno e abrangência do próprio modelo conforme inicialmente projetado.

8.2 HABILIDADES METACOGNITIVAS (HMC)

Assim como habilidades cognitivas, no processo de ensino fundamentado em modelagem também foi possível identificar habilidades metacognitivas que foram/são passíveis de serem desenvolvidas pelos estudantes nas diferentes etapas da modelagem. Da mesma forma que no tópico anterior, a discussão deste será apresentada a partir das etapas do processo de modelagem, relacionado também com as habilidades cognitivas que puderam ser inferidas.

As habilidades metacognitivas puderam ser inferidas também pelas ações dos estudantes no processo de construção dos seus modelos, partindo do princípio de que estas habilidades estão relacionadas entre si. Logo, elas colaboram para o desenvolvimento/utilização das HC, que são tomadas como uma das referências para evidenciar o desenvolvimento/utilização das HMC pelos discentes. Sendo assim, elas também serão apresentadas nessa seção, mas apenas para que seja possível explicitar a relação entre elas.

Elaboração

Tem-se aqui o momento inicial de criação dos modelos pelos estudantes, é nessa etapa que as primeiras informações acerca do problema são levantadas e as primeiras ideias são desenvolvidas. Pode ser tida como uma das etapas mais importantes desse processo, pois é a partir dela que são obtidos elementos essenciais para desenvolvimento do processo (JUSTI, 2019). Nesta, há indícios da mobilização de habilidades metacognitivas, requeridas na produção dos seus modelos.

Inicialmente, pontuamos o uso das HMC de realizar a leitura e revisões contínuas do problema, revisar e moldar seus questionamentos de maneira que estes sejam pertinentes frente a resolução do problema, ambas estão relacionadas com as HC de compreender e analisar a situação problema e sistematizar o problema por meio da formulação de hipóteses.

Estas habilidades puderam ser inferidas a partir da necessidade que os discentes tiveram de buscar compreender a situação problema, reconhecidas pelas ações de fazer e refazer a leitura da situação problema. Por consequência disso, também foi possível elaborar questionamentos/hipóteses, sendo estes passíveis de

serem revisados e adequados durante o processo, fato que colaborou para a produção das ideias iniciais dos modelos. Sendo interessante acrescentar que, assim como as HC, a utilização das HMC não se limitou somente a uma única etapa, elas puderam ser utilizadas em outros momentos do processo de construção do modelo, como defendido por Maia (2009).

Também foram inferidas as HMC de analisar criticamente a situação problema levantando/selecionando informações relevantes; selecionar e categorizar seus conhecimentos prévios de forma que estes contribuam para revisão ou elaboração de novas ideias, estas relacionadas às HC de observar propriedades do sistema em estudo, selecionar conhecimentos prévios na estrutura cognitiva.

Essas habilidades estariam relacionadas com a necessidade de aprofundar o conhecimento acerca do objeto de estudo. Para isso, os discentes precisaram desenvolver um olhar crítico a respeito do problema e das informações obtidas, selecionando elementos que fossem relevantes para resolução do problema, ou seja, para construção dos seus modelos. Em vista disso, entende-se que nesse processo foi necessário construir novas ideias e explicações, pensar no problema em questão, buscando solucioná-lo a partir da elaboração dos modelos (SUART; MARCONDES, 2011).

Além do mais, os estudantes precisaram selecionar conhecimentos prévios pertinentes para o desenvolvimento das ideias, ou ainda direcioná-los na definição das informações que serão utilizadas para construção do modelo. É de suma importância que os discentes consigam trazer seus conhecimentos prévios para dentro do processo, pois é a partir da conexão destes com novos conhecimentos, que as ideias são construídas e contribuem para o desenvolvimento dos modelos (FERREIRA 2006; JUSTI, 2006; SOUZA, 2007).

Ainda nesta etapa do processo de modelagem, atribui-se a utilização das HMC de: realizar um número de buscas satisfatório, que explore diferentes fontes de informações disponíveis acerca do objeto de estudo ou propriedades/características dele; julgar as informações obtidas sobre o objeto de estudo, seja a partir de critérios pré-estabelecidos ou não, com vistas aos objetivos definidos para o modelo; e estruturar modelos e ideias prévias que possibilitem estabelecer relação que contribua para construção do novo modelo, que possuem relação com as HC de: buscar informações já disponíveis na literatura; identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios que sejam relevantes...; conhecer diferentes formas de obter

informações, selecionar ideias e modelos prévios; e aplicar modelos e ideias prévias e novas situações.

Essas habilidades puderam ser inferidas diante da necessidade de que os discentes tinham de obter uma quantidade de informações suficientes para desenvolver suas ideias e construir seus modelos. Sendo assim, à medida que percebiam que a quantidade de informações não era suficiente para elaboração, realizavam novas buscas. Além disso, nessas buscas eles podiam recorrer a diferentes fontes, sejam a partir dos seus conhecimentos prévios ou de fontes externas (textos, vídeos, artigos).

Ademais, em virtude de terem coletado mais informações os discentes precisaram realizar a sistematização desse conhecimento obtido, e julgar tais informações, no sentido de classificá-las como relevantes ou não para construção do seu modelo (GILBERT; JUSTI, 2002; JUSTI, 2019). Em que, um dos principais critérios utilizados para isso, foram os objetivos definidos inicialmente. Em virtude disso, conseguiram selecionar modelos pertinentes e fazer a estruturação de novas ideias ou utilizar aquelas já estabelecidas anteriormente, aplicando-as ao modelo elaborado.

Expressão

Dando continuidade ao processo de modelagem, através da etapa de expressão. Na qual os discentes começam a concretizar as construídas, por meio da expressão dos seus modelos. Utilizando dos diferentes modos de representação buscam comunicá-las de forma explícita, uma vez que já vinham sendo desenvolvidas, com seus respectivos modelos mentais.

Assim como na etapa de elaboração, também foi possível sugerir ambas as habilidades. Como as HMC de estruturar e apresentar ideias integradas; refletir a respeito dos modos de representação utilizado, buscando explorar características relevantes dele; revisar o modelo e as ideias construídas buscando fazer modificações que transmitam de forma clara as suas ideias, estando estas relacionadas com as HC de integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos; utilizar e

interpretar diferentes formas de expressão e representação; comunicar ideais com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas.

A identificação dessas habilidades só foi possível em virtude de o modelo ter sido expresso com sucesso pelos estudantes (MAIA, 2009; JUSTI, 2019). Dessa forma, entende-se que, para que isso pudesse ocorrer, os estudantes precisavam organizar as ideias obtidas de maneira que fosse possível integrá-las entre si e com o modelo mental que estava sendo desenvolvido. E dessa forma conseguissem definir o modo mais adequado para expressão do seu modelo.

Por outro lado, a definição do modo pelo qual o modelo foi expresso, levou em consideração as possibilidades que estes davam aos discentes de explorar características dos próprios modos, em outras palavras, levaram em consideração características de um determinado modo que favorecesse a apresentação de uma ou mais características relevantes no seu modelo. Visto que, é a partir da escolha de um modo de expressão adequado, que se torna possível atender as demandas conceituais que cada modelo possuía (HARISSON; TREAGUST, 2000).

A utilização do modo adequado pelos discentes, possibilitou que eles conseguissem transmitir de forma clara as ideias dos seus modelos. Além disso, permitiu que eles pudessem realizar revisões a partir dessa expressão, seja dos próprios modelos ou ainda das ideias desenvolvidas (incluindo hipóteses), favorecendo ainda mais a comunicação das ideias através do seu modelo e consequentemente do êxito em atingir os objetivos definidos.

Testes

Os modelos depois de expressos, precisam passar por testes, estes podem ser de duas naturezas, mentais ou empíricos, é uma das etapas mais importantes do processo, pois é a partir dela, que os discentes podem analisar seu modelo, como resultado das suas atuações nesses testes. Nesta, foi possível pontua a emergência das HMC de: retomar as hipóteses elaboradas inicialmente; estruturar de maneira crítica, avaliando prós e contras, diferentes formas de aplicar seu modelo em novas situações; que demonstra relação com as HC de elaborar questões hipotéticas;

planejar e conduzir testes adequados; selecionar procedimentos; analisar os resultados obtidos e suas implicações.

Essas habilidades são inferidas a partir do momento em que os discentes conseguem expressar seus modelos, eles retornam para os questionamentos elaborados no início do processo de modelagem, ou seja, para as hipóteses pensadas inicialmente para o desenvolvimento dos modelos. Da mesma forma que, puderam revisar estes questionamentos e até elaborar novos, uma vez que a concretização do modelo através dos modos de representação possibilita que surjam novos insights, provindos da observação das propriedades e características que antes poderiam não estar explícitas em seu modelo mental.

Também pela ação de pensarem na maneira mais adequada de aplicarem seus modelos em diferentes contextos, ou até mesmo em uma situação específica. Para isso, levam em consideração os pontos que podem favorecer ou não o bom desempenho do seu modelo na apresentação das ideias, assim como na contemplação dos seus objetivos. E a partir disso, podem pensar e repensar estratégias para realizar novos testes com os seus modelos (JUSTI, 2006).

Outra forma pela qual foi possível voltar a revisar seus questionamentos e estratégias de aplicação do seu modelo, foi a partir da reflexão dos resultados obtidos pelos discentes, isto é, quando realizaram o teste mental do seu modelo e obtiveram os resultados, resultados estes que remetem ao desempenho do seu modelo nas situações em que foi aplicado.

Dessa forma, conseguem realizar uma análise no sentido de observar como determinadas características se saíram, seja correspondendo aquilo que era esperado, ou ainda, que tragam resultados que propiciem novas percepções a respeito do modelo, possibilitando que sejam realizadas revisões e modificações.

Avaliação

Nesta etapa foi possível remontar ao uso de HMC: as de fazer ponderações acerca do desempenho do modelo em diferentes situações, com base nas hipóteses levantadas e nos objetivos propostos para ele; reconhecer e expressar de forma clara as limitações e a aplicabilidade do seu modelo em diferentes situações ou naquelas

vivenciadas, estas se relacionam com a HC de analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos; estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.

A atribuição dessas HMC foi pautada na (re)avaliação que os discentes realizaram do seu modelo, que se inicia na etapa anterior (etapa de testes), mas que nesta, torna-se mais evidente pois eles conseguem apresentá-las de forma mais clara, relacionando-as com os objetivos que tinham para o modelo, assim como também em vista das hipóteses pensadas.

Dessa forma, conseguem ter um panorama do seu modelo finalizado, em que, as ideias e características que não conseguiram ser expressas, apontam para as limitações do seu modelo, enquanto aquelas que foram apresentadas de forma satisfatória, colaboraram para que os discentes consigam explicar sobre a abrangência dos seus modelos.

Por outro lado, para que os discentes conseguissem realizar uma avaliação do seu modelo, eles precisavam ter a capacidade de realizar duas ações, uma delas de reconhecer as abrangências e limitações dos seus modelos, ter esse conhecimento permitiu não somente fazer uma análise do desempenho do modelo, mas abriu espaço também para que eles pudessem realizar modificações.

Deste modo, tais modificações implicam na melhoria de aspectos que favorecem a superação de algumas limitações observadas e fazendo com que houvesse uma ampliação da abrangência dos seus modelos. Como resultado disso, conseguiram expressar de forma clara, quais foram as limitações e abrangências que seus modelos apresentaram, finalizando, ou não, o processo de modelagem para o(s) problema(s) em questão.

8.3 ASSOCIANDO HABILIDADES COGNITIVAS, METACOGNITIVAS E O MODELO METACOGNITIVO

De fato, nas diferentes etapas do processo de modelagem, foi possível perceber indícios de diversas habilidades cognitivas e metacognitivas, que puderam ser mobilizadas pelos discentes a partir da vivência de atividades fundamentadas em modelagem. No que diz respeito às habilidades metacognitivas, cabe ainda realizar

algumas considerações, tomando como base o modelo metacognitivo adotado neste estudo, estas habilidades estão relacionadas através de dois níveis, o nível meta e nível do objeto (NELSON; NARENS, 1996).

A relação estabelecida entre esses níveis resulta em duas atividades essenciais, que são o controle e o monitoramento das informações, quando isso ocorre, tem-se segundo Nelson e Narens (1996) um sistema metacognitivo eficiente. Nesse sentido, sugere-se que o desenvolvimento das HMC a partir da participação nas atividades de modelagem realizadas pelos discentes, suscita para a realização dessas atividades, visto que a utilização dessas habilidades no processo de modelagem traz aspectos de ambos os níveis, seja pelo controle, ou pelo monitoramento das ações desempenhadas na elaboração dos modelos.

No que se refere a atividade de controle, aquele em que o fluxo de informações vai do nível do objeto para o nível meta. Pode-se observar que parte das HMC pontuadas estavam se relacionavam com este nível. A relação dessas habilidades com ele, se dá em virtude de que por meio delas é possível perceber que existe um fluxo de informações, que os autores chamam de saltos, as quais vão do nível do objeto para o nível meta (NELSON; NARENS, 1996). Sejam para aquelas, presentes no momento inicial a partir do contato com problema, ou para aquelas que surgem a partir das demais etapas do processo como a de expressão, teste e não menos importante a de avaliação.

Entende-se que essas habilidades se relacionam principalmente com as ações de aquisição de informações acerca do objeto de estudo, através de sua observação, quando os discentes observam propriedades e características a respeito do seu modelo; da busca, quando recorrem a diferentes fontes de informações, inclusive seus conhecimentos prévios. Elencando pontos relevantes para construção do seu modelo mental, da análise, quando analisam o modo pelo qual será expresso o seu modelo, as informações que foram obtidas e o seu modelo expresso, e da revisão, quando revisam os modelos desenvolvidos no processo.

Já na atividade de monitoramento, diz respeito ao fluxo de informações que vai do nível meta para o do objeto (NELSON; NARENS, 1996). Nesta, estariam situadas as demais HMC atribuídas ao processo, a partir das quais os saltos de informações tomam o caminho contrário e incide sobre o modelo, agora partindo do nível meta, em outras palavras, as habilidades colaboram para o seu monitoramento, o que reflete em todo o processo de desenvolvimento do modelo.

A relação das habilidades com a atividade de monitoramento, pode ser inferida com base em ações que resultaram na elaboração do modelo. Inicialmente através do levantamento de informações a respeito do objeto de estudo e posteriormente construção dos questionamentos iniciais e objetivos para o modelo. Mas também na estruturação e seleção de conhecimentos relevantes, permitindo que os discentes pudessem refletir a respeito do modo pelo qual o modelo seria representado e quais características, propriedades, aspectos do seu modelo mental seriam expressos. Permitindo que eles pensassem a respeito dos diferentes meios de aplicação de seu modelo em diferentes contextos, e partir disso, analisar seu desempenho, que pôde ou não suscitar modificações.

Quadro 8 – Habilidades Metacognitivas perante as atividades de controle e monitoramento.

Habilidades metacognitivas	Atividade
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar a leitura e revisões contínuas do problema • Analisar criticamente a situação problema levantando/selecionando informações relevantes • Realizar um número de buscas satisfatório, que explore diferentes fontes de informações disponíveis acerca do objeto de estudo ou propriedades/características dele • Julgar as informações obtidas sobre o objeto de estudo, seja a partir de critérios pré-estabelecidos ou não, com vistas aos objetivos definidos para o modelo. • Revisar o modelo e as ideias construídas buscando fazer modificações que transmitam de forma clara as suas ideias • Estruturar de maneira crítica, avaliando prós e contras, diferentes formas de aplicar seu modelo em novas situações • Fazer ponderações acerca do desempenho do modelo em diferentes situações, com base nas hipóteses levantadas e nos objetivos propostos para ele 	CONTROLE
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar e moldar seus questionamentos de maneira que estes sejam pertinentes frente a resolução do problema. • Selecionar e categorizar seus conhecimentos prévios de forma que estes contribuam para revisão ou elaboração de novas ideias • Estruturar modelos e ideias prévias que possibilitem estabelecer relação que contribua para construção do novo modelo. • Estruturar e apresentar ideias integradas • Refletir a respeito dos modos de representação utilizado, buscando explorar características relevantes dele • Retomar as hipóteses elaboradas inicialmente e • Reconhecer e expressar de forma clara as limitações e a aplicabilidade dos seus modelos em diferentes situações ou naquelas vivenciada 	MONITORAMENTO

Fonte: O Autor (2022).

A fim de explicitar a relação das HMC com o modelo metacognitivo adotado, o quadro 8 foi utilizado para sistematizá-las a partir de cada tipo de atividade. A classificação das habilidades dentro das atividades de controle e monitoramento, foi realizada com vistas a percepção de como acontecia a relação com os níveis através do fluxo de informações, ou seja, aquelas habilidades em que as informações iriam na direção do modelo expresso para o modelo mental, foram definidas como as de monitoramento, já aquelas que vão do modelo mental para o modelo expresso, definimos como as de controle.

Partindo da ideia de que as HMC colaboram para o aprimoramento das HC, entendeu-se que é indispensável que ambas estejam associadas, uma vez que à medida que o discente utiliza e/ou desenvolve uma cognitiva, observa-se que pode haver uma metacognitiva a ela ligada, e que em conjunto, por meio das diferentes ações no processo de modelagem, colabora para que os discentes consigam criar, expressar, testar e avaliar seus modelos. A relação presente entre essas habilidades, por etapa da modelagem, está apresentada no quadro 9, que foi construído no intuito de sistematizar e demonstrar de forma clara e geral, como elas estão interligadas através das etapas específicas do processo de modelagem.

Quadro 9 – Relação entre as habilidades cognitivas e metacognitivas nas etapas da modelagem.

ETAPA	HABILIDADES COGNITIVAS	HABILIDADES METACOGNITIVAS
CRIAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender e analisar a situação problema • Sistematizar o problema por meio da formulação de hipóteses • Observar propriedades do sistema em estudo • Selecionar conhecimentos prévios na estrutura cognitiva • Buscar informações já disponíveis na literatura • Identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios que sejam relevantes... • Conhecer diferentes formas de obter informações • Selecionar ideias e modelos prévios • Aplicar modelos e ideias prévias e novas situações 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar a leitura e revisões contínuas do problema • Revisar e moldar seus questionamentos de maneira que estes sejam pertinentes frente a resolução do problema. • Analisar criticamente a situação problema levantando/selecionando informações relevantes • Selecionar e categorizar seus conhecimentos prévios de forma que estes contribuam para revisão ou elaboração de novas ideias • Realizar um número de buscas satisfatório, que explore diferentes fontes de informações disponíveis acerca do objeto de estudo ou propriedades/características dele • Julgar as informações obtidas sobre o objeto de estudo, seja a partir de critérios pré-estabelecidos ou não, com vistas aos objetivos definidos para o modelo. • Estruturar modelos e ideias prévias que possibilitem estabelecer relação que contribua para construção do novo modelo.

EXPRESSÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos. • Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação • Comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturar e apresentar ideias integradas • Refletir a respeito dos modos de representação utilizado, buscando explorar características relevantes dele • Revisar o modelo e as ideias construídas buscando fazer modificações que transmitam de forma clara as suas ideias
TESTE	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar questões hipotéticas • Planejar e conduzir testes adequados • Selecionar procedimentos • Analisar os resultados obtidos e suas implicações 	<ul style="list-style-type: none"> • Retomar as hipóteses elaboradas inicialmente • Estruturar de maneira crítica, avaliando prós e contras, diferentes formas de aplicar seu modelo em novas situações
AVALIAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos • Estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer ponderações acerca do desempenho do modelo em diferentes situações, com base nas hipóteses levantadas e nos objetivos propostos para ele • Reconhecer e expressar de forma clara as limitações e a aplicabilidade dos seus modelos em diferentes situações ou naquelas vivenciada

Fonte: O Autor (2022).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo tinha como objetivo analisar quais as habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas e utilizadas dentro de uma proposta de ensino fundamentado em modelagem. Diante dele, foi possível identificar habilidades cognitivas e metacognitivas, que são requeridas aos estudantes no processo de modelagem, assim como também entender e explicitar a relação existente entre essas habilidades nesse processo.

A partir das entrevistas, conseguiu-se identificar habilidades cognitivas requisitadas aos estudantes nas diferentes etapas do processo de construção dos modelos. Percebe-se que essas habilidades, apresentadas no tópico das discussões, foram essenciais para que os discentes conseguissem construir com êxito os seus modelos.

Observou-se que elas se traduziam em ações diretamente ligadas a cada uma das etapas ou mais de uma delas simultaneamente, desde aquelas habilidades utilizadas no momento inicial do processo, que favoreciam a análise e aquisição de informações acerca do objeto de estudo, ou aquelas que estavam nas demais etapas, possibilitando a expressão mais clara do modelo mental, a realização dos testes, quando possível e a avaliação do desempenho do modelo frente aos seus objetivos.

Nessa pesquisa, também foi possível inferir a respeito de diversas habilidades metacognitivas. Estas por sua vez, diferente das habilidades cognitivas, não tinham somente uma relação direta com as ações realizadas no processo de modelagem, mas havia também uma ligação com as próprias habilidades cognitivas. Mas que foram igualmente essenciais para os discentes no processo de construção dos seus modelos.

A partir das habilidades metacognitivas identificadas nesta pesquisa, foi possível verificar que elas, assim como as habilidades cognitivas, mostraram-se como ferramentas muito importantes dentro das etapas executadas na modelagem, principalmente pelo fato de que elas, assim como era esperado, colaboravam para que as ações realizadas pelos discentes fossem aperfeiçoadas, uma vez que elas faziam com que eles conseguissem aprimorar as habilidades cognitivas e conseqüentemente os modelos construídos.

Outro ponto a ser tratado é a respeito da utilização do modelo metacognitivo proposto por Nelson e Narens (1996), este mostrou-se de grande valia, uma vez que

ele possibilitou entender como as habilidades metacognitivas puderam ser desenvolvidas/utilizadas no processo de modelagem e como cada uma delas pôde de alguma maneira, trouxe contribuições para elaboração dos modelos pelos discentes, assim como também para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades cognitivas, seja através da atividade de controle ou de monitoramento das informações nas diferentes etapas da modelagem.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, encontrou-se algumas dificuldades: i) houve pouca adesão voluntária dos discentes para participação na pesquisa, mesmo recorrendo a diversos meios contato, a participação de discentes nesse estudo foi mínima; ii) a pesquisa precisou ser realizada em ambiente virtual, algo que se tornou um desafio, pois algumas etapas do processo de modelagem, como a de testes, acabou não sendo vivenciada em sua plenitude, pois não havia tantos recursos que possibilitassem de ser melhor explorada; iii) o tempo de execução da pesquisa, pensa-se que um tempo maior de execução para estudo daria margem para que os discentes conseguissem explorar mais cada uma das etapas e que assim os dados construídos pudessem ser ampliados; iv) os instrumentos de coleta de dados não se mostraram completamente suficientes, notou-se que alguns instrumentos utilizados na pesquisa não conseguiram suprir a necessidade de acompanhamento das atividades, no entanto, vale ressaltar que isto é fator também relacionado com o tempo de execução da pesquisa. Logo, é necessário estudar e selecionar instrumentos que possam ter uma melhor performance em relação a captar o máximo de informações acerca do processo de modelagem, seja para análise das habilidades ou de qualquer outro tópico de interesse atrelado a essa metodologia.

Mas apesar de todas essas dificuldades encontradas, contribuições puderam ser identificadas a partir dos dados construídos nessa pesquisa. Possibilitou conhecer as habilidades cognitivas e metacognitivas presentes na vivência dos estudantes nessa metodologia e como eles puderam estar relacionadas, colaborando para construção dos modelos mais aperfeiçoados.

A metodologia de ensino fundamentada em modelagem se mostrou adequada, no sentido de propiciar aos estudantes um ambiente de aprendizagem ativo, onde a partir das diferentes etapas do processo de construção dos modelos, puderam experienciar processos e procedimentos semelhantes àqueles pelos quais o conhecimento científico também é elaborado. E assim conseguiram elaborar seus

próprios conhecimentos, tendo como principal evidência disso, os modelos apresentados nas atividades.

A partir dos resultados deste estudo, novos questionamentos também puderam ser levantados, a fim de que novas proposições possam surgir e dar origem a outras novas pesquisas, dentre elas:

- Aprofundar a análise das habilidades metacognitivas, levando em consideração perfis mais específicos de participantes, como por exemplo, discentes com habilidades de autorregulação da aprendizagem etc.
- Refletir, pensar e repensar o delineamento e a execução das etapas do processo de modelagem, no sentido de aplicá-la a novos contextos, incluindo o virtual, já que nesse estudo foi uma exceção frente a pandemia do COVID-19.
- Conhecer as concepções de docentes em ciências a respeito dos modelos e da modelagem, buscando refletir como essas concepções impactam na sua prática docente.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. **Mental ModelsofElectromagnetism**. Tese de doutoramento, Departmentof Science and TechnologyEducation, Reading University, UK, 1996.
- BORGES, A.T. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**: Ensaio, 1 (1), 85-125, 1999.
- BORGES, A.T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 15(1), 7-31, 1998.
- CALDEIRA, A.M.A. **Análise Semiótica do Processo de Ensino e Aprendizagem**. Tese de Livre-docência. Unesp, Bauru, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.
- COELHO, A. E. F.; MALHEIRO, J. M. S. Manifestação de habilidades cognitivas em um curso de férias: a construção do conhecimento científico de acordo com a Aprendizagem baseada em Problemas. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 505-523, 2019.
- COSTA, P. P. **Estudo do processo de co-construção de conhecimento em um contexto de ensino fundamentado em modelagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais: Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2012.
- FERREIRA, P. F. M. **Modelagem e suas contribuições para ensino de Ciências: Uma análise do estudo de Equilíbrio Químico**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais: Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2006.
- FIGUEIRA, A. P. C. Metacognição e seus contornos. **Revista Iberoamericana de Educación**, 2003.
- FLAVELL, J. Metacognitionandcognitivemonitoring. **American Psychologist**, 34, 906-911, 1979.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Quím. Nova**. São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.

GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to a More Authentic Science Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 2, 115-130, 2004.

GILBERT, J. K. Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Eds.), **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht: Springer. Vol. 3, pp. 3-24, 2008

GILBERT, J. K., BOULTER, C. J., & ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, pp. 2-17, 2000.

GILBERT, J.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Springer, 2016.

GOMES-SILVA, J. J. **Modelos Moleculares Sólidos: seu como material didático na aprendizagem de isomeria**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in Science and science education. **International Journal of Science Education**, 14(5), pp. 541-562, 1992.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, 25, 645-670, 2003

Johnson-Laird, P. (1983). **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. **Journal of Chemical Education**, 70(9), 701-705, 1993.

JOU, G. I.; SPERB, T. M. A metacognição como estratégia reguladora da aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 19, 12-20, 2006.

JUSTI, R. MENDOÇA, P. C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. **Educación Química**, n. 1p 24- 29, 2008.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 9, p. 175-193, 2019

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, 24, 173-184, 2006.

JUSTI, R., & GILBERT, J. K. Models and modelling in chemical education. In I. J. Gilbert, O. d. Jong, R. Justi, J. v. Driel & D. Treagust (Eds.), **Chemical Education: Towards Research based Practice**. Dordrecht: Kluwer, pp.47-68, 2003.

JUSTI, R., & GILBERT, J. K. Science Teachers' Knowledge About and Attitudes Towards the Use of Models and Modelling in Learning Science. **Journal of Science Education**, 24(12), 1273-1292, 2002.

JUSTI, R., GILBERT, J. K., & FERREIRA, P. F. M. The Application of a 'Model of Modelling' to Illustrate the Importance of Metavisualization in Respect of the Three Levels of Representation. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, pp. 285-308, 2009.

MAIA, P. F., **Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem**. 2009. 230 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Contribuições de atividades de modelagem para o desenvolvimento de habilidade de investigação. **Anais. VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, Florianópolis, 2009.

MENDONÇA, P. C. C. **'Ligando' as Idéias dos Alunos à Ciência Escolar: Análise do Ensino de Ligação Iônica por Modelagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais: Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2008.

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 I. **Educación Química**, 20, 282-293, 2009.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA BRASILEIROS DESTINADOS AO ENSINO MÉDIO. **Investigações em Ensino de Ciências** – V5 (2), pp. 67-91, 2000.

NELSON, T.; NARENS, L. Why investigate Metacognition?. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Ed.), **Metacognition. Knowing about knowing**, pp. 1-27, 1996. Cambridge, MA: MIT Press

QUEIROZ, A. S. **Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento da capacidade de visualização**. 2009. 249 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A LINGUAGEM QUÍMICA E O ENSINO DA QUÍMICA ORGÂNICA. **Química Nova**, Vol. 31, No. 4, 921-923, 2008.

ROSA, C. T. W. **Metacognição no ensino de Física: da concepção à aplicação.** Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014.

SOUZA, V. C. A. **Os desafios da energia no contexto da termoquímica: modelando uma nova idéia para aquecer o ensino de Química.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais: Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2007.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio. **Anais: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA**, 14, Curitiba, 2008.

SUART, R. DE C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 8(2), 2011.

VEENMAN M.V.J. Metacognition in Science Education: Definitions, Constituents, and Their Intricate Relation with Cognition. In: Zohar A., Dori Y. (eds) **Metacognition in Science Education**. Contemporary Trends and Issues in Science Education, vol 40. Springer, Dordrecht, 2012.

VEENMAN, M. V. J.; VAN HOUT-WOLTERS, B. H. A. M.; AFFLERBACH, P. A. Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. **Metacognition and Learning**, v.1, n.1, p. 3–14, 2006

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZOLER, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, 70 (3), p.195-197, 1993

ZOLER, U.; PUSHKIN, D. Match higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, 8 (2), p. 153-171, 2007.

ZOLLER, U., DORI, Y.; LUBEZKY, A. Algorithmic and LOCS and HOCS (Chemistry) Exam Questions: Performance and Attitudes of College Students. **International Journal of Science Education**. 24 (2), p.185-203, 2002.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA: ATIVIDADES DE MODELAGEM



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PESQUISA: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

ATIVIDADE 01: ANALISANDO E CLASSIFICANDO OS ESTADOS DOS MATERIAIS

Parte 01

01. Defina, com suas palavras: sólido, líquido e gás.
02. Para classificar um determinado material/objeto em um dos diferentes estados de agregação da matéria (sólido, líquido, gasoso), são utilizados critérios. Nesse sentido, elabore e descreva critérios gerais que possibilitem classificar qualquer material nesses estados.
03. O quadro abaixo possui duas colunas, na primeira, devem ser indicados materiais ou objetos (sólidos, líquidos, gasosos e outros) e, na segunda, os Critérios para a classificação desses materiais.

Materiais/Objeto	Critério (s) de classificação

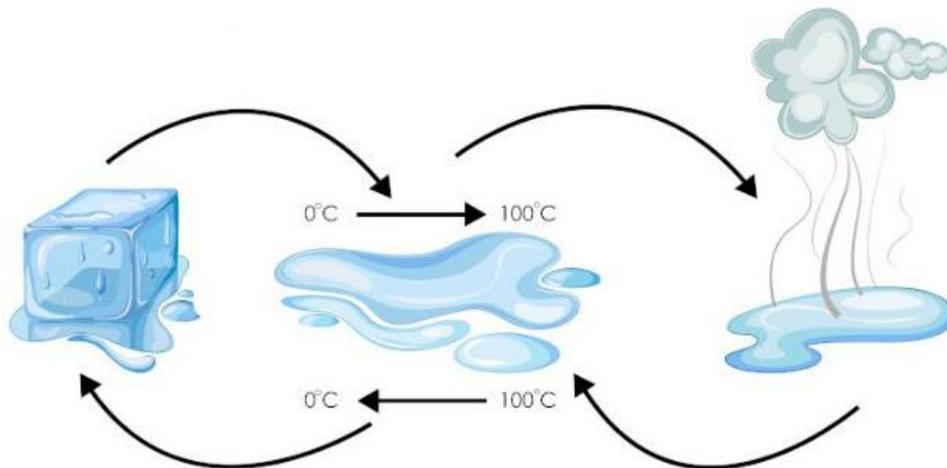
04. Classifique os materiais e objetos relacionados a seguir em sólidos, líquidos ou gasosos, justificando de acordo com os critérios adotados no quadro construído no item anterior. Caso você queira sugerir outras classificações, poderão fazê-las.

Materiais e objetos: *água, açúcar, algodão, ar, banha, barra de chocolate, bloco de madeira, bolhas que desprendem de um refrigerante, esponja de aço para limpeza, farinha, gás de cozinha, gasolina, giz, iogurte, limalha de ferro, massa de modelar, mel, moeda, mola, neblina, nuvem, parafuso de ferro, plástico de encapar cadernos, serragem, tecido de algodão, vidro e xampu.*

Parte 02

Na parte 01 desta atividade, você definiu e elaborou critérios para classificar os materiais nos diferentes estados de agregação. Agora, utilizando os conceitos definidos e os critérios elaborados na parte anterior, você deve analisar a figura a seguir, que representa a mudança dos estados de agregação da água.

Figura – Mudança de estado de agregação da matéria da H_2O .



Fonte: adaptado de <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/estados-fisicos-da-agua-e-suas-mudancas.htm>

- Após análise da imagem, você deve descrever a nível atômico molecular como se dá a mudança e cada um dos estados representados. Lembre-se de utilizar as ideias desenvolvidas na parte anterior da atividade.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PESQUISA: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

ATIVIDADE 02: CONSTRUINDO MODELO (S) PARA O ESTADO GASOSO

- Entendendo o comportamento das moléculas de um gás:

Experimento com a seringa.

Material

Uma seringa descartável (grande) daquelas vendidas em farmácias (sem agulha).

Passos a serem seguidos:

1. Coloque o dedo indicador na ponta da seringa.
2. Pressione empurrando o seu pistão.
3. Observe o sistema antes e depois da compressão.
4. Anote as mudanças observadas.

Registre suas observações:

- Agora que você realizou o experimento e registrou suas observações, proponha um modelo que represente/explique como estão as moléculas de ar dentro da seringa antes e depois da compressão do pistão. Lembre-se de considerar o maior número de características observadas por você durante a realização do experimento.

Registre o seu modelo:

- Vamos imaginar a seguinte situação:
Um botijão de gás instalado em uma cozinha está vazando, pode-se perceber isso por meio do cheiro que se espelha no ambiente em que ele está instalado. Como você explica esse fato?
- Proponha um modelo para o gás logo que sai do botijão e depois de se espalhar pela cozinha. Justifiquem o modelo escolhido e listem suas características, explicando-as.*
- Tente explicar, com o auxílio do modelo escolhido, o fato de que o gás se espalha mais rapidamente num dia quente, do que num dia frio.*
- Caso você considere necessário, reformule seu modelo e represente-o novamente. Faça comentários que achar necessários.*



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PESQUISA: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

ATIVIDADE 03: ELABORANDO MODELO (S) PARA OS ESTADO LÍQUIDO

Nesta atividade vocês tem como objetivo explicar o comportamento dos materiais líquidos. Para isso, vocês devem levar em consideração o modelo construído para o estado gasoso, atendo-se para as características do modelo e procurando por características que diferenciem os materiais gasosos, líquidos e sólidos.

- Explicando o comportamento de um líquido

Sempre que adoecemos, nosso sistema imunológico sinaliza de diversas maneiras que tem algo de errado acontecendo no nosso corpo. Um deles é a febre, que consiste em uma resposta natural do nosso corpo a ação de algum agente nocivo a nossa saúde, como vírus, bactérias, infecções e entre outras. Apesar de muitas vezes ser sinal de preocupação, a febre na verdade está do nosso lado na luta contra qualquer um tipo desses agentes, ela consiste no alerta inicial para que o nosso sistema comece a combater o agente que está acometendo nosso corpo.

A aferição da temperatura corporal é feita por meio do uso de um instrumento, o termômetro. Hoje em dia ele pode ser encontrado de diversos tipos, alguns mais modernos como os digitais, infravermelho, outro mais “tradicional” como o termômetro de mercúrio, um tipo de termômetro analógico, mas todos medem a temperatura da mesma maneira. No dia 01 de janeiro de 2019, a venda e distribuição desse tipo de termômetro foi proibida em todo território nacional, pois o mercúrio pode trazer riscos a saúde e ao meio ambiente.

Apesar de atualmente ser proibida a comercialização do termômetro analógico, ele foi utilizado por muito tempo para aferição da temperatura corporal das pessoas. Ele consiste num tubo fino de vidro, com um bulbo de metal em sua extremidade que funciona também como o depósito de mercúrio, o mercúrio assim como a graduação estão na parte interior do termômetro, o que permite a leitura da temperatura no momento de aferição.

Tomando o texto como base, trabalhe os itens abaixo.

- *Pesquise como funciona o termômetro de mercúrio. Como você explica seu funcionamento?*
- *Proponha um modelo que represente o mercúrio no interior do termômetro antes e depois da aferição da temperatura no corpo de uma pessoa que está febril ($T > 39^\circ$).*
- *Use seu modelo para explicar o fato de o mercúrio dilatar-se sob a ação do calor do corpo.*
- *Justifique o modelo elaborado e liste suas principais características.*
- *Após a socialização, se achar necessário, reformule seu modelo e represente-o novamente. Faça comentários que achar necessários.*



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PESQUISA: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

ATIVIDADE 04: ELABORANDO MODELOS PARA O ESTADO SÓLIDO

Nesta atividade vocês tem como objetivo explicar o comportamento dos materiais sólidos. Para isso, vocês devem levar em consideração os modelos construídos para o estado gasoso e líquido, atendo-se para as características do modelo e procurando por características que diferenciem os materiais gasosos, líquidos e sólidos.

- Explicando o comportamento dos sólidos

O corpo humano é composto de diversos órgãos que fazem parte dos diferentes sistemas e possuem diversas funções importantes para a manutenção da vida do ser humano. O estômago, por exemplo, tem um papel muito importante no processo de digestão dos alimentos, ele tem como principal função decompor tudo que é ingerido para que o nosso intestino possa absorver os nutrientes necessário ao corpo. Nesse processo, é produzido o suco gástrico, que consiste em uma mistura de ácido clorídrico (HCl) e enzimas digestivas.

O ácido clorídrico é altamente corrosivo sendo capaz de destruir diversos materiais, a concentração dele no nosso estômago é suficiente para que ele consiga corroer materiais com ferro, alumínio, mármore. Por se tratar de um ácido muito agressivo, muitas vezes o excesso dele no nosso estômago acaba provocando alguns problemas de saúde como azia, gastrite, úlceras, o aumento da concentração dessa espécie no órgão pode ser resultado de alguns fatores, como uma má alimentação, ansiedade, infecções bacterianas.

Uma forma de tratar e controlar o excesso de ácido no estômago é através do uso de antiácidos, os mais comuns são os sais de fruta (efervescentes), que podem ser encontrados na forma de pastilha e pó. Esses efervescentes geralmente são dissolvidos em água e posteriormente ingeridos, para que eles possam agir no estômago aliviando os sintomas causados pelo excesso de ácido.

Com base no texto, trabalhe os itens a seguir:

- *Busque qual é a principal composição química dos antiácidos.*
- *Proponha modelos de estado físico para o efervescente, antes da dissolução, após a dissolução e depois da ingestão (no estômago).*
- *Usando seu modelo, tente explicar a diferença de comportamento do efervescente em cada uma das fases citadas no item anterior.*
- *Justifique o modelo escolhido (para representação) e liste suas principais características.*
- *Após a socialização, se achar necessário, reformule seu modelo e represente-o novamente. Faça comentários que achar necessários.*

APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA: ROTEIRO DE ENTREVISTAS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PESQUISA: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

ROTEIRO DE ENTREVISTAS

1. No primeiro momento de contato como o problema (inclui leitura e análise) você conseguiu elaborar hipótese ou algum outro tipo de questionamento?
2. Você registrou de alguma maneira informações que descreviam ou pontuavam propriedades e/ou características do objeto de estudo?
3. Como foi o processo de definição dos objetivos? Quais os critérios utilizados para estabelecê-los?
4. Para o levantamento de informações ou resolução do problema você conseguiu se recordar ou utilizar algum conhecimento prévio?
5. A fim de obter mais informações sobre o sistema em estudo você recorreu a outras fontes de informação? Se sim, quais foram elas?
6. Você utilizou algum critério para seleção das fontes e materiais consultados? Como foi a definição desses critérios?
7. Você conseguiu utilizar todas as informações adquiridas a respeito do sistema em estudo? Por quê?
8. Na análise do sistema em estudo (o problema) você recorreu a algum modelo já existente? Qual foi ele? Quais os aspectos desse modelo contribuíram para com o seu? De que maneira ele se relacionou com o seu modelo?
9. Qual foi a forma de expressão que você utilizou para apresentar o seu modelo? Por que escolheu este?
10. Houve alguma motivação para escolha desse modo de representação? Se sim, qual?
11. Você tentou ou pensou em expressar seu modelo em algum outro modo de representação? Se sim, qual? Por que ele não foi utilizado?
12. Após a expressão do seu modelo novas questões surgiram? Como você as relacionou ao seu modelo?
13. Tendo em vista o seu modelo expresso, você elaborou/pensou em novos questionamentos visando solucioná-los com o emprego do seu modelo?
14. Além dos questionamentos você conseguiu aplicar seu modelo em outras situações (de maneira hipotética)? Se sim, quais? Se não, por quê?
15. A partir da aplicação do seu modelo, foi necessário realizar alguma modificação/revisão? Se sim, qual (is)? Por que você considerou necessário?
16. Você conseguiu aplicar seu modelo de maneira mais prática? Se sim, obteve que tipo de resultado? De que maneira você analisou-os?
17. Esses dados colaboraram para realização de alguma modificação para o seu modelo? De que maneira foi feita a relação desses dados com o modelo?

18. Diante de todos esses processos você consegue identificar alguma limitação do seu modelo? De que forma você as identificou? Como foram pontuadas ao longo do processo de elaboração?
19. Considerando os objetivos estabelecidos para elaboração do seu modelo você consegue estabelecer uma relação entre eles? Como você avalia a performance do seu modelo frente a estes objetivos?
20. Partindo da ideia de que seu modelo consegue atingir os objetivos propostos, você conseguiu avaliar/pensar a sua aplicação em outros contextos? Se sim, quais e de que maneira? Se não, por quê?

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS DO AGRESTE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) _____ para participar como voluntário (a) da pesquisa ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) José Julio Gomes da Silva, Sítio Olhinhos D'água, Lajedo, Zona Rural, 55385-000, (87) 996223185, julliogmss@gmail.com e está sob a orientação de José Ayron Lira dos Anjos, Telefone: (81) 99795-5967, e-mail: jose.ayron@ufpe.br.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa e esclarecimento da participação:** A presente pesquisa tem como objetivo analisar quais as habilidades cognitivas e metacognitivas são desenvolvidas e utilizadas dentro de uma proposta de ensino fundamentado em modelagem. Entendemos que as habilidades cognitivas e metacognitivas são essenciais para que os estudantes possam desenvolver uma compreensão mais ampla da ciência, que vá além simples entendimento de conceitos científicos, mas que possam também compreender os processos pelos quais o conhecimento científico é desenvolvido. Rompendo um paradigma de um aprendizado voltado a memorização e repetição de informações, e que promova o desenvolvimento do pensamento reflexivo e crítico, que tenha como resultado uma educação científica mais efetiva. Posto isso, as atividades desta pesquisa terão duração de até 4 semanas, e acontecerão através do ambiente virtual: *Google Meet*. Nas duas primeiras semanas, serão desenvolvidas 4 atividades de modelagem com os participantes, em grupo único, duas atividades em cada uma delas e tendo duração média de 3 horas cada. Nas últimas semanas, serão realizadas as entrevistas individuais com os participantes da pesquisa, que também acontecerão por meio do *Google Meet*. Será solicitado aos participantes, apenas a sua participação no desenvolvimento das atividades e de discussões, como também dos momentos de entrevistas individuais.
- **RISCOS:** Os possíveis riscos que serão ocasionados aos participantes da pesquisa são o de constrangimento em virtude do surgimento de dificuldades na resolução das atividades de intervenção proposta, além disso todos os momentos de encontro dentro do ambiente virtual serão gravados, sendo outro motivo pelo qual os indivíduos podem sofrer algum tipo de constrangimento. Por fim, são considerados outros riscos como a tomada de tempo dos participantes ao participar das atividades propostas, podendo ainda desencadear cansaço e tensão. Apesar dos riscos sinalizados, garantimos à confidencialidade e privacidade segura de todos os participantes da pesquisa. Nos momentos de interação buscaremos estabelecer diálogos, que tem como intenção esclarecer todos os objetivos da pesquisa e possíveis dúvidas dos participantes durante a realização da pesquisa. Assim pretende-se desenvolver uma empatia e

relação de confiança para com os participantes, que resulte na minimização de qualquer constrangimento ou desconforto deles.

- **BENEFÍCIOS diretos/indiretos:** Esta pesquisa propicia aos participantes a vivência de uma nova abordagem metodológica para o ensino de química, no que se refere ao ensino fundamentado em modelagem, e a análise das habilidades cognitivas e metacognitivas desenvolvidas e utilizadas dentro desse processo. Além disso, possibilita que os participantes enquanto professores em formação desenvolvam uma formação crítica e reflexiva acerca das metodologias de ensino utilizadas e de aspectos atrelados a esse processo, como as habilidades, contribuindo como uma estratégia didática passível de ser empregada no contexto da sala de aula pelos professores.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa, gravações, imagens e questionários, ficarão armazenados em pastas de arquivos no computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br).**

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável sobre o estudo: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Nestes termos, declaro que:

- () Aceito participar como voluntário (a).
 () Não aceito participar como voluntário (a).

Local e data _____

ANEXO B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM PARA OS CONCEITOS DE ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA: uma análise das habilidades cognitivas e metacognitivas.

Nome Pesquisador responsável: José Julio Gomes da Silva

Instituição/Departamento de origem do pesquisador: Universidade Federal de Pernambuco/ Campus do Agreste

Endereço completo do responsável:

Telefone para contato: **E-mail:** julliogmss@gmail.com

Orientador: José Ayrton Lira dos Anjos

Telefone: **E-mail:** jose.ayron@ufpe.br

O pesquisador do projeto acima identificado assume o compromisso de:

- Garantir que a pesquisa só será iniciada após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco – CEP/UFPE e que os dados coletados serão armazenados pelo período mínimo de 5 anos após o término da pesquisa;
- Preservar o sigilo e a privacidade dos voluntários cujos dados serão estudados e divulgados apenas em eventos ou publicações científicas, de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificá-los;
- Garantir o sigilo relativo às propriedades intelectuais e patentes industriais, além do devido respeito à dignidade humana;
- Garantir que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão anexados na Plataforma Brasil, sob a forma de Relatório Final da pesquisa;

Os dados coletados nesta pesquisa, gravações, imagem, questionários, ficarão armazenados em pastas de arquivos no computador pessoa, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Recife, 07 de janeiro de 2022.

José Julio Gomes da Silva
Pesquisador Responsável