

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL**

ARTUR SILVEIRA BOTELHO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM MODELAGEM PARA ABORDAR O
CONTEÚDO DE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NA 1ª SÉRIE DO ENSINO
MÉDIO**

**Recife
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL**

ARTUR SILVEIRA BOTELHO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM MODELAGEM PARA ABORDAR O
CONTEÚDO DE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NA 1ª SÉRIE DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentado à Coordenação do Programa do Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE), como requisito a obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

Coorientadora: Profa. Dra. Analice de Almeida Lima

Recife

2021

ARTUR SILVEIRA BOTELHO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM MODELAGEM PARA ABORDAR O
CONTEÚDO DE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NA 1ª SÉRIE DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentado à Coordenação do Programa do Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE), como requisito a obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

Coorientadora: Profa. Dra. Analice de Almeida Lima

Aprovado em: _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros – Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Profa. Dra. Analice de Almeida Lima – Coorientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto – Membro Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^a. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga – Membro Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^a. Dra. Suely Alves da Silva – Membro Externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B748s Botelho, Artur Silveira Botelho
SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM MODELAGEM PARA ABORDAR O CONTEÚDO DE
INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO / Artur Silveira Botelho Botelho. -
2021.
143 f.
- Orientador: Ivoneide de Carvalho Lopes Barros.
Coorientador: Analice de Almeida .
Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2021.
1. Modelagem. 2. Sequência Didática. 3. Ensino de Química . 4. Interações Intermoleculares. I.
Barros, Ivoneide de Carvalho Lopes, orient. II. , Analice de Almeida, coorient. III. Título

DEDICATÓRIA

Em especial para meus pais, Ivonildo Botelho
e Hilda Botelho (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido saúde, paz e tranquilidade, para realização do curso de mestrado.

A minha família, Andréa (esposa) e Gabriela, Artur e Mariah (filhos) pela paciência durante os momentos de dificuldades e pela confiança e incentivo, que estimularam para que eu pudesse alcançar êxito ao fim desse projeto.

Aos colegas de sala do Profqui 2018.2, Aline, Damião, David, Halana, Jean, Juliana, João Neto, Leandro, Maresco, Mário, Nelândia, Newton Antas, Newton Pinheiro, Rafaela, Rinaldo, Roberto, Shirley e Vicente, pela convivência durante toda caminhada e em especial para Ana Paula, amiga de longa data que muito contribuiu para que eu chegasse até aqui ao final desse projeto.

A minha Orientadora, Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros, que com sua paciência, compreensão, incentivo e experiência em pesquisa contribuiu de forma substancial para o meu aprendizado e realização desse projeto de ensino.

A minha Coorientadora, Profa. Dra. Analice de Almeida Lima que com sua paciência e inovação na pesquisa contribuiu de forma significativa na produção desse projeto.

Aos professores do Profqui 2018.2, pelos ensinamentos, em especial ao prof. Dr. José Euzebio Simões Neto por acreditar no meu trabalho realizado em sala de aula junto aos estudantes.

Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Essa dissertação apresenta uma Sequência Didática (SD) baseada em Modelagem para abordar a temática de interações intermoleculares com estudantes da 1ª Série do Ensino médio. Essa sequência foi proposta na intenção de procurar diminuir as dificuldades que os estudantes apresentam com esse conteúdo no Ensino Médio. Como uma alternativa para o desenvolvimento dos conceitos de interações intermoleculares foi utilizado o ensino fundamentado em modelagem (EnFM), conforme proposto por Rosária Justi, já que por meio dessa metodologia o estudante passa a ser um indivíduo ativo e envolvido, o tempo todo, em cada uma das etapas desse processo, tornando-o participativo do seu próprio processo de aprendizagem, e, dessa maneira podendo facilitar a sua compreensão dos conceitos químicos. Após a aplicação da SD, os estudantes foram convidados a responder dois questionários, um relativo à avaliação individual do(a) estudante, com a intenção de verificar a aprendizagem sobre o conteúdo de interações intermoleculares; e outro sobre a utilização da metodologia aplicada: EnFM, a fim de analisar a sua contribuição para o entendimento do conteúdo abordado. Devido a pandemia do Covid-19, a SD não foi aplicada de forma presencial, e nem remota, com os estudantes, em vista da escola se encontrar portas fechadas nesse período. Entretanto, a SD pôde ser avaliada por doze docentes, integrantes do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional para análise e validação. De acordo com os comentários dos docentes, o desenvolvimento da Sequência Didática baseada no EnFM foi satisfatório, sendo possível identificar o papel ativo do estudante durante a realização das etapas comprometidas com a modelagem, além da condução das atividades e mediação do professor pesquisador, no qual possibilita ao estudante uma postura mais autônoma, tornando-o um ser ativo, dinâmico e participativo de todas as etapas evidenciadas nessa sequência.

Palavras chave: Modelagem, Sequência Didática, Ensino de Química, Interações Intermoleculares.

ABSTRACT

The present dissertation introduces a Didactic Sequence (DS) based on modelling to approach the intermolecular interaction theme with high school freshmen students. The sequence has been developed with the intention reduce difficulties students have demonstrated regarding such content in high school. As an alternative to the development of intermolecular interactions, Modelling-Based Teaching, MBT proposed by Rosária Justi, was used, as by this methodology the student becomes an active and involved subject all the time, in each step of the process, turning him or her into a participative agent of his or her own learning process and thus, facilitating the understanding of chemistry concepts. Following the application of the DS, students were asked to answer two questionnaires: one about student individual evaluation, with the purpose of assessing learning on intermolecular interactions; and the other, on the applied methodology, in order to analyze the contribution to the comprehension of the approached subject. Due to the Covid-19 pandemic, the DS was not applied face-to-face or remotely with students, since schools are currently closed during this period. However, the DS was evaluated in terms of analysis and validation by twelve scholars who are part of the National Professional Master's Program in Chemistry. According to the scholars, the DS development based on MBT was positive, the active role of the student was observed during the unfolding of the steps related to modelling, as well as the conduction of activities by the professor and researcher mediation, which allows the student a more autonomous position, making him or her an active, dynamic and participative being in all stages highlighted in this sequence.

Keywords: Modelling, Didactic Sequence, Chemistry teaching, Intermolecular Interactions.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Forças interiônicas e intermoleculares.....	27
QUADRO 2. Resumo das atividades desenvolvidas associadas ao diagrama DMM.....	36
QUADRO 3. Descrição resumida do momento da avaliação final.....	38
QUADRO 4. Questionário para Identificação das concepções prévias dos estudantes em relação ao conteúdo de interações intermoleculares e conceitos correlacionados.....	40
QUADRO 5. Primeiro encontro: Aulas 1 e 2.....	45
QUADRO 6. Questionamentos relativos à atividade experimental do 2º encontro.....	46
QUADRO 7. Segundo encontro: Aulas 3 e 4.....	48
QUADRO 8. Terceiro encontro: Aulas 5 e 6.....	49
QUADRO 9. Questionamentos da atividade complementar.....	50
QUADRO 10. Quarto encontro: Aulas 7 e 8.....	51
QUADRO 11. Questionamentos sobre o experimento do leite psicodélico que será realizado.....	52
QUADRO 12. Quinto encontro: Aula 9.....	53
QUADRO 13. Q1 - Questionário de avaliação da aprendizagem do estudante referente às interações intermoleculares.....	53
QUADRO 14. Q2 – Questionário de Avaliação da metodologia aplicada.....	55
QUADRO 15. Dados dos docentes que responderam ao Questionário de Validação.....	59
QUADRO 16. Respostas dos docentes à pergunta P1.....	60
QUADRO 17. Respostas dos docentes à pergunta P2.....	62
QUADRO 18. Respostas dos docentes à pergunta P3.....	64
QUADRO 19. Respostas dos docentes à pergunta P4.....	67
QUADRO 20. Respostas dos docentes à pergunta P5.....	69
QUADRO 21. Resposta dos docentes à pergunta P6.....	71
QUADRO 22. Respostas dos docentes a P7.....	72
QUADRO 23. Respostas dos docentes à pergunta P8.....	75
QUADRO 24. Respostas dos docentes à pergunta P9.....	77

QUADRO 25. Respostas dos docentes à pergunta P10.....	79
QUADRO 26. Respostas dos docentes à pergunta P11.....	81
QUADRO 27. Comentários e/ou sugestões dos docentes avaliadores a P12.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Forças do íon – dipolo.....	28
Figura 2. Forças do dipolo permanente – dipolo permanente.....	29
Figura 3. Forças do dipolo induzido – dipolo induzido.....	30
Figura 4. Ligações de hidrogênio na molécula da água.....	31
Figura 5. Principais etapas envolvidas no Diagrama Modelo de Modelagem (DMM).....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 O conceito de Modelo na Ciência/Química.....	20
3.2 Ensino por modelagem.....	23
3.3 Interações intermoleculares.....	25
3.3.1 Interação do tipo íon - dipolo.....	27
3.3.2 Interação do tipo dipolo permanente – dipolo permanente.....	29
3.3.3 Interação do tipo dipolo induzido – dipolo induzido ou dispersão de London...29	
3.3.4 Interação do tipo ligação de hidrogênio.....	30
4 METODOLOGIA	32
4.1. Desenho.....	32
4.2. Sujeitos e Objeto da Pesquisa.....	35
4.3. Procedimento Metodológico.....	36
4.3.1. Planejamento da sequência didática.....	36
4.3.2. Desenvolvimento da intervenção didática.....	56
4.3.3. Coleta de dados e análise de dados.....	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE 1 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO 1: POR QUÊ A AGULHA FLUTUA SOBRE A ÁGUA?	92

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO 2: LEITE PSICODÉLICO.....	93
APÊNDICE 3 – PERGUNTAS E RESPOSTAS AOS QUESTIONAMENTOS DA ATIVIDADE COMPLEMENTAR.....	94
APÊNDICE 4 – PERGUNTAS E RESPOSTAS AOS QUESTIONAMENTOS SOBRE O EXPERIMENTO DO LEITE PSICODÉLICO.....	95
APÊNDICE 5 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	96
APÊNDICE 6 – CARTA CONVITE.....	98
APÊNDICE 7 – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO.....	99
PRODUTO EDUCACIONAL.....	106

1 INTRODUÇÃO

A Química, na 1ª série do Ensino Médio, ainda é um grande desafio para professores e estudantes no que diz respeito à compreensão dos conteúdos estruturadores da disciplina, já que é uma ciência considerada de natureza abstrata (SIRHAN, 2007).

Habitualmente é verificado o ensino dessa disciplina de forma tradicional, com o uso de metodologias focadas na simples memorização de conteúdo, ou seja, de maneira descontextualizada e sem levar em consideração a interdisciplinaridade. Estudos demonstram a falta de eficácia, na educação desenvolvida no Brasil, e dentro deste contexto, tem tornado a disciplina de química desinteressante, desmotivadora e de difícil entendimento tendo em vista que essa ciência, apresenta um currículo desconectado da realidade do cotidiano dos estudantes (ECHEVERRÍA, 2007).

A proposição indicada nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (BRASIL, 1999) para a aprendizagem na disciplina de Química contradiz esse modelo de ensino tradicional, que evidencia a fixação na memória de conceitos, fórmulas e nomenclaturas, sem nenhuma conexão com a realidade vivenciada pelos alunos. Contrariamente a isso, orienta-se que o estudante seja um ser ativo, que compreenda de maneira totalitária e significativa as transformações químicas que acontecem nos fenômenos da natureza e tecnológicos em diversas situações.

O aprendizado de Química no Ensino Médio

[...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômica. (BRASIL, 1999).

Dessa forma, os estudantes podem

[...] julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. (BRASIL, 1999).

Para que o conhecimento químico se torne mais efetivo, de acordo com Lima (2012, p.98), “o ensino de Química deve ser problematizador, desafiador e estimulador, de maneira que seu objetivo seja o de conduzir o estudante à construção do saber científico”. Diante disso, o conhecimento químico no mundo vem apresentando abordagens inovadoras, com a intenção de gerar cientistas e cidadãos

mais conscientes para o futuro. E como fala Lima (2012, p.98), “não se pode mais conceber um ensino de Química que simplesmente apresenta questionamentos pré-concebidos e com respostas acabadas”. Portanto, esse aprendizado da disciplina de Química no Ensino Médio pode permitir aos estudantes construir uma percepção de um mundo mais estruturado e menos fracionado, contribuindo bastante para que o estudante, enquanto indivíduo e cidadão, seja um participante ativo desse mundo que se transforma constantemente.

Na escola, quando se propõe ensinar temas como constituição da matéria, leis ponderais, evoluções dos modelos atômicos, estruturas químicas, ligações químicas, interações intermoleculares, dentre tantos outros, percebe-se o alto grau de complexidade, que faz com que os estudantes vejam estes conceitos como distantes, inalcançáveis e abstratos. Contudo, a Química vai continuar com conceitos abstratos, mas o que se pretende é repensar metodologias que primem pela superação das dificuldades atreladas à compreensão de sua natureza abstrata. Segundo Farias, Possebon e Pucholobek (2016), é necessário que o pensamento possa progredir do abstrato ao concreto.

Nas últimas décadas, pesquisas relacionadas ao processo de ensino e de aprendizagem da Química, vem destacando a importância do desenvolvimento e aplicação de novas estratégias em sala de aula, no intuito de facilitar a compreensão dos conteúdos dessa disciplina. Uma das premissas é que estas estratégias precisam propiciar situações comunicativas no espaço da sala de aula, visando promover a interação entre os estudantes, e estudantes e o professor. (BARBOSA, CHAVES; SANTINI, 2013)

Alguns trabalhos, segundo Cruz (2013, p.5, apud Ferreira, 2008, Clement, 2000, Chassot, 2003), têm destacado a importância da utilização de modelos moleculares como mediadores da aprendizagem. Todos eles fazem uso dos modelos como uma ferramenta de grande aplicabilidade na intermediação do conhecimento, destacando-a como um dos principais produtos no ensino da ciência. Do mesmo modo, entendem que a elaboração e a utilização de modelos são primordiais para o desempenho da investigação científica, constituindo-se num componente habitual do processo pelo qual o ser humano passa a adquirir conhecimento. Para Justi e Ferreira (2008), esse processo é intrínseco às concepções de todos os indivíduos, cientistas ou leigos, não obstante os diferentes níveis de complexidade e organização.

Em meio as angústias decorrentes dos anos de docência nas três séries do Ensino Médio, percebi a dificuldade que os estudantes da 1ª Série, vem apresentando em estudar e conceber as estruturas de moléculas. É fato que, para a compreensão das interações intermoleculares, é necessário também uma compreensão das interações entre os átomos, que podem ser estudadas por meio dos modelos mais comuns de representações das ligações químicas, como iônico, covalente e metálico. Entretanto, a compreensão do estudo das ligações químicas tem sido dificultada devido a abordagem tradicional para o ensino dessas interações, como destacou Ferreira (1998, p.04), dizendo que “as diferentes ligações são apresentadas, não como modelos que servem para explicar o comportamento das substâncias, e sim como um conteúdo isolado”.

Por definição, o modelo de ligação constituído entre os átomos, íons ou moléculas, é determinado considerando a configuração eletrônica das espécies envolvidas. E é a partir da aquisição desse conhecimento que são estruturados outros conteúdos de interesse na Química, tais quais: reações químicas, estequiometria e estruturas geométricas de sólidos e moléculas, além das interações intermoleculares.

Em concordância com os registros oficiais da educação vigente no Brasil (BRAIBANTE, MIRANDA; PAZINATO, 2017), os estudantes do Ensino Médio necessitam ter a compreensão das propriedades dos diversos compostos baseados nas interações eletrostáticas existentes entre átomos, moléculas ou íons, sobre a ligação existente entre a temática dos pontos de fusão e ebulição com a estrutura dos compostos, no tocante a definição de solubilidade e densidade (BRASIL, 2006).

Segundo Estevam et al (2019, p.7382), o conhecimento químico das estruturas moleculares,

requer um domínio abstrato, conceitual e visualização tridimensional, o que acarreta, muitas vezes, em prejuízo na aprendizagem. De uma maneira geral, o estudante costuma ter grande dificuldade para criar modelos mentais e compreender as estruturas tridimensionais das moléculas.

Assimilar e compreender a disposição espacial das moléculas requer do discente uma melhor elaboração de conceitos e interpretação de estruturas tridimensionais. Nesse sentido, esses autores, recomendam que sejam utilizados modelos moleculares em sala de aula, pois além de contribuir com a visualização, também irão ajudar no processo de aprendizagem de estruturas moleculares,

possibilitando dessa forma o desenvolvimento perceptivo do aluno em relação ao arranjo espacial dessas estruturas.

Como se pode ver, no estudo da química, o uso de modelos tem se tornado imprescindível, como afirmam Harrison e Treagust (2000), enfatizando que os modelos fazem parte da compreensão de uma elaboração científica, e dessa forma atrelam a Ciência e os modelos como sendo indissolúveis, avultando estes como excelentes mecanismos no processo de ensino e de aprendizagem.

Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo apresentar uma proposta de ensino fundamentado em modelagem que será aplicado na sala de aula do primeiro ano do Ensino Médio. A escolha do conteúdo de interações intermoleculares ocorreu por esse ser um assunto que normalmente gera dificuldades no processo de ensino e de aprendizagem.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Analisar a contribuição de uma sequência didática baseada no uso de modelagem para abordar interações intermoleculares na 1ª série do Ensino Médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Elaborar uma Sequência Didática baseada no Ensino Fundamentado em Modelagem para abordar interações intermoleculares;
- Realizar a validação de uma sequência didática baseada no uso de modelagem para abordar interações intermoleculares na 1ª série do Ensino Médio.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo de décadas pode-se perceber a dificuldade que diversos professores de Química têm, sobretudo os da 1ª série do Ensino Médio, em fazer com que o conhecimento compartilhado com os estudantes possa ser ensinado não unicamente focado na memorização de conceitos, mas com articulação desses conceitos com a vida prática deles.

Pelo fato do modelo de ensino tradicional ainda ser exercido como prática de ensino, quando os estudantes ingressam no Ensino Médio, eles têm contato com um ensino de Química bastante desarticulado do seu cotidiano, sendo compreendido como um dos grandes motivadores de desestímulo e dificuldade para aprender Química. (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Nesse sentido, estratégias de ensino como sala de aula invertida (estratégia baseada em quebra de paradigmas do ensino presencial, em que o estudante terá acesso ao conteúdo das aulas antecipadamente para poder estudar e anotar suas dúvidas para quando estiver na aula poder debater com os outros estudantes e professor), a utilização das tecnologias de informação e comunicação (uso das tecnologias do tipo hardware, software e telecomunicações), a experimentação (usando o laboratório, o campo, a sala de aula como espaço de investigação), tempestade de ideias (como agente estimulante de novas ideias), aula expositiva e dialogada (em que o aluno participa ativamente na sala de aula), resolução de problemas, dentre outras, têm sido incentivadas para o ensino da Química aos jovens.

De acordo com Filho, Prandi e Sá (2017), o professor, ao planejar a sua estratégia de ensino, também irá estimular os alunos ao crescimento afetivo, social e cognitivo. Isto faz com que a prática docente seja direcionada para novos olhares e, do mesmo modo, faz com que os (as) alunos (as) sintam-se com maior motivação para entender a dimensão dessa ciência no contexto do seu cotidiano.

Preocupados com que alunos de Química pudessem ser capazes de produzir novos saberes a partir do conhecimento adquirido no processo de ensino-aprendizagem e, para que pudessem, em seguida, expressar também seus pontos de vista, Filho et al. (2008), relataram um experimento de sala de aula em turmas de Química na Unidade Acadêmica de Garanhuns/Universidade Federal Rural de

Pernambuco, a fim de verificar a interferência positiva de estratégias de ensino. O intuito seria de que os estudantes pudessem inter-relacionar os conhecimentos adquiridos em Química com o cotidiano deles. E, do mesmo modo, reconhecer que o ensino de Química estaria centrado no professor, figura supostamente possuidora da autonomia do conhecimento, sendo promotor de estratégias repetitivas, aulas expositivas frequentes que criavam uma comunicação unilateral com os alunos, dificultando o desenvolvimento do pensamento crítico destes, que passavam a assimilar o que lhes era imposto quase sem questionamentos.

Resultados obtidos após aplicação de uma estratégia de ensino não convencional do tipo interacionista, em que os estudantes participaram de atividades experimentais utilizando materiais adquiridos em supermercados, levaram os pesquisadores a concluir que os estudantes alcançaram uma maior assimilação do conteúdo programático, e que eles se mostraram como indivíduos mais críticos, sendo possível afirmar que o uso de estratégias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem, contribuiu, neste caso, para a qualidade do ensino da química (FILHO et al, 2008). Além do melhor aprendizado e da maior autonomia apresentados pelos alunos do grupo estudado, os pesquisadores salientaram também, a importância de serem desenvolvidos novos materiais didáticos, fazendo uma interação dos conhecimentos ensinados com a vida social do aluno.

Como se pode perceber, a busca para encontrar estratégias de ensino-aprendizagem tem se tornado indispensável para os docentes de química no mundo inteiro, no intuito de que o binômio de ensino e de aprendizagem, de fato, aconteça com êxito.

Nesse contexto, o uso de modelos no ensino de Química vem sendo adotado como ferramenta para facilitar o aprendizado. Isto porque propõe ao estudante relacionar a teoria com a suposta realidade. Como é declarado por Justi, os modelos são agentes ou instrumentos que agem como 'pontes' no processo de relacionamento entre esses dois domínios. (JUSTI; MENDONÇA, 2005). Ademais, Farias, Possebon e Pucholobek (2016) descreveram que a modelagem molecular tem sido um dos caminhos alternativos no ensino da Química, visto que pode atuar de forma significativa diminuindo o hiato existente entre o abstrato e o aprendizado. Da mesma maneira, isto foi dito por Borges (1999, p.1-2): "o modelo é o mediador entre a realidade e a mente humana".

Desta feita, o presente trabalho está propondo uma intervenção didática utilizando modelos no processo de construção do conhecimento de conteúdos químicos relacionados às interações intermoleculares, com o intuito de despertar não só o interesse em compreender o conteúdo trabalhado e, dessa forma, descrever conceitos com mais coerência e criticidade (GOMES et al, 2016), como também pelas interações pessoais e sociais que serão estabelecidas entre os estudantes, quando da realização das atividades em grupo, tornando-os mais participativos e interacionista.

Nessa aprendizagem, o uso da modelagem é um caminho que dará oportunidade ao estudante pensar, manusear, utilizar, construir, reformular e validar modelos para explicar fenômenos e resolver problemas. Esta forma de abordagem poderá ser trabalhada em diferentes unidades temáticas no ensino das Ciências, dando a oportunidade de se ter um melhor entendimento científico, ao estabelecer uma ligação por meio dos símbolos entre o estudante e os conteúdos e conceitos (AMADOR et al, 2018), desta forma o processo de aprendizagem tornar-se-á mais significativo, interdisciplinar, motivacional e mais próximo do dia a dia e da realidade do estudante, com a intenção de se trabalhar com as habilidades e competências que são estabelecidas na Base Nacional Comum e Curricular (BRASIL, 2018).

3.1 O conceito de Modelo na Ciência e no Ensino de Química

Segundo Justi (2010), nas diversas áreas das Ciências, não existe somente uma definição para modelos, no entanto, é admitido que em nenhuma conjuntura científica um modelo é um protótipo a ser seguido ou um modelo é uma repetição de qualquer coisa. Mas, então, o que seria um modelo?

A palavra modelo pode ter vários significados, no entanto, será trabalhado nessa pesquisa a posição teórica de Gilbert, Boulter e Elmer (2000), quando define que um modelo é uma forma de representar um objeto, fenômeno, ideia, evento, processo, cuja elaboração é desenvolvida com propósitos específicos. Ademais, devido ao modelo ser considerado fracionado e inacabado, ele se torna uma representação não plenamente verdadeira da realidade, além de ser apresentado com muitas limitações.

O ensino por modelos é considerado como uma das principais ferramentas utilizadas pelos cientistas na produção do conhecimento, pois são disponibilizadas

informações conceituais numa linguagem mais acessível, facilitando o entendimento do estudante de um modo mais consistente. Isto porque o modelo é uma construção mental de um ser humano, portanto não é algo que esteja acabado no mundo exterior. Dessa maneira, é reforçada a diferença entre o modelo e a realidade, que muitas vezes provoca uma desorganização na mente do estudante (JUSTI, 2010).

Na disciplina de Química, os modelos têm grande relevância, pois são capazes de auxiliar na compreensão dos fenômenos de difícil entendimento, de propiciar uma melhor concepção de estruturas abstratas, de aproximar o conhecimento científico com a realidade, dentre outras.

De acordo com Lima, Silva e Souza (2017), ao projetar o âmbito escolar, deve ser destacado os diversos tipos de modelos que podem ser diferenciados de acordo com o transcorrer de sua criação até sua socialização, conforme a tipologia descrita por Gilbert e Boulter (1995), Justi e Gilbert (2000) e Justi (2006).

Em consonância com estes autores, um aspecto de grande relevância para que se entenda o uso de modelos em ciência é a aceção do significado de modelo. Um modelo deve ser entendido como uma representação – de um objeto, processo, evento, sistema ou ideia – que se origina de uma atividade mental. Sendo assim, pode-se dizer que um modelo existe inicialmente como um *modelo mental*. O resultado de uma atividade mental não pode ser acessado diretamente, mas pode ser expresso a partir de ações, fala, escrita ou outra forma simbólica. Assim, o que conhecemos de um modelo mental é o que chamamos de *modelo expresso*. No momento em que um modelo expresso é aceito por uma determinada comunidade de pessoas, ele se torna um *modelo consensual* e se essa coletividade for científica é nomeado de modelo científico.

Devido a difícil compreensão dos modelos científicos, na educação em Ciências, de acordo com Gilbert (2004, p. 119), explicações simplificadas desses modelos podem ser idealizadas como modelos curriculares para ajudar o aprendizado.

Quando se ensina em Ciências a elaboração dos conceitos científicos, os modelos são essenciais nas metodologias de ensino e de aprendizagem, a começar pela elaboração de modelos mentais que são próprios de cada pessoa e que só estão presentes na mente de cada indivíduo (BORGES, 1999). E na busca do conhecimento, a idealização do modelo mental deve estar bem perto dos modelos científicos (CALDAS et al, 2015).

Uma maneira pelo qual o modelo é expresso é denominado modo de apresentação, que também é conhecido como modelo didático, no entanto, seja qual for a versão do modelo são retratados pelo uso de um ou mais modos de representação (GILBERT, 2004), tais como:

- Modo concreto (ou material): designado por ferramenta tridimensional. Um exemplo é a representação molecular com o modelo bola-imã.
- Modo verbal: é baseado na explicação de entidades e da ligação entre ela e o modelo. Tem-se como exemplo, a natureza das bolas e paus na representação pau e bola.
- Modo simbólico: é aquele montado por símbolos e fórmulas, tais como as equações inseridas no estudo da Química.
- Modo visual: utiliza diagramas, animações e gráficos originando representações bidimensionais.
- Modo gestual: em que o corpo humano ou parte dele é utilizado como representação dos movimentos. Pode ser exemplificado pela utilização dos alunos em movimento na formação do mar de elétrons para representar a ligação metálica.

Devido as complexidades relacionadas à aprendizagem e ao ensino da Química, a utilização de modelos tem por objetivo auxiliar a esclarecer os fenômenos químicos e permitir a previsão da idiosincrasia dos sistemas químicos. Quando um fenômeno químico é abordado, seja numa formatação teórica ou empírica, é inquestionável a recorrência de alguma maneira da proximidade, a partir dos modelos, observando que, como os nossos sentidos são limitantes não é permitido uma visualização direta dos fenômenos, bem como dos resultados advindos dos experimentos (CASTRO, 1992).

Os obstáculos relacionados ao processo de ensino e de aprendizagem desta disciplina, de acordo com Ferreira e Justi (2008), perpassam geralmente, o aspecto abstrato dessa ciência. Lidar com aspectos intangíveis aos nossos sentidos proporciona uma sensação de inépcia e vulnerabilidade do que é possível apreender frente à amplitude e complexidade do universo em que estamos inseridos. Essa sensação e essas dúvidas, contudo, não são negativas. Ao contrário, elas são cruciais para despertar a vontade de descoberta, decifrando os fenômenos que nos cercam.

A despeito dos modelos não representarem uma realidade inquestionável, observa-se que usufruir dos modelos, é conduzir representações que se assemelham muito ao comportamento dos fenômenos químicos do submundo micro para o

macroscópico. Com a aplicação dos modelos, os alunos passam por uma vivência sensitiva e visual dos diversos conceitos imprescindíveis, em que estão inseridos os aspectos relacionados aos ângulos de uma ligação, a capacidade de ligação do elemento, além das diversas formas de interação entre as moléculas, que irão contribuir, sobremaneira, no processo de ensino e de aprendizagem, não só de maneira participativa, mas também criativa e de grande eficiência.

Segundo Justi (2010, p. 212), na química os modelos têm como propósitos principais:

- Simplificar as entidades de difícil compreensão de tal maneira que facilite o seu entendimento;
- Facilitar a comunicação das ideias;
- Favorecer a visualização de entidades abstratas;
- Fundamentar a proposição e a interpretação de experimentos sobre a realidade;
- Ser um conciliador entre a realidade modelada e os conceitos sobre ela;

3.2 Ensino por modelagem

O termo “modelagem” pode apresentar inúmeras definições. Segundo o Dicionário Online de Português¹, a modelagem é um substantivo feminino e o seu significado é “uma ação ou efeito de modelar; modelação”. Já para Justi (2015), a modelagem é um método de construção de modelos. Quando se analisa de maneira mais especificada a modelagem, deverá ser incluída a validação e a aplicação de modelos e não somente sua produção. No entanto, a modelagem pode ser abordada a partir de diversas teorias.

Pode-se destacar também que, a modelagem é uma maneira que o aprendiz pode utilizar para tornar conhecido o pensamento ou a ideia do conteúdo a ser esclarecido. De acordo com Maia (2009, p. 22), a modelagem pode ser entendida como um

ato ou processo de criar, testar e reformular modelos para um fenômeno, evento ou ideia através da seleção, interpretação, compreensão e integração de aspectos relevantes para descrever e explicar o comportamento do mesmo.

¹ Disponível em: < <https://www.dicio.com.br> >. Acesso em: 20/01/2021

Dessa forma, diante dos estudos e explicações de Ausubel (1982), baseado em sua teoria da aprendizagem significativa, que é uma teoria relacionada ao cognitivo, para que o aprendiz possa assimilar a teoria de uma forma significativa deverá ser utilizado o conhecimento prévio que já possui.

Já para Piaget (1974), deve-se apresentar o problema e dessa maneira inserir o pensamento científico no intuito de incentivar o aprendiz na formulação de hipóteses e quando existir possibilidade, analisá-las na intenção de solucionar o problema. Assim como em Piaget, na modelagem o aprendiz terá oportunidade em testar e reavaliar seu modelo para que progressivamente possa construir seu conhecimento.

Quando da realização de atividades que envolvam a modelagem existirá uma caracterização pautada na área de ensino construtivista sócio interativa (VYGOTSKY, 1986), em que a produção do conhecimento se dará por meio do convívio estabelecido entre estudantes, como também poderá ser entre o estudante e o professor. Dessa forma, tem-se a pretensão de fundamentar a esfera da modelagem no entendimento apresentado por Vygotsky, no qual é dito que a “língua molda o pensamento”. Sendo assim, os modelos que são usados como ferramentas de representação, seriam considerados como modos de expressão para moldar o pensamento.

No ensino da Química a utilização de materiais na criação de modelos irá proporcionar aos estudantes um espaço adequado à concepção de seu conhecimento, com a tendência em poder testar, averiguar e questionar suas hipóteses.

Segundo Mellar et al (1994), existem dois tipos de aprendizado: o exploratório e o expressivo.

O Exploratório possibilita o estudante a analisar concepções e conhecimento de diferentes pessoas sobre diversas temáticas. Quando é referido a modelagem, os modelos já se encontram acabados, pois foram elaborados por um especialista ou pesquisador. Esse modelo criado por outrem é usado como mecanismo para refletir o fenômeno investigado e atestar sobre suas ideias ou modificar sua opinião.

Já o Expressivo possibilita o estudante exteriorizar suas próprias convicções sobre o assunto abordado. Quando a referência é a modelagem, o modelo será elaborado pelo próprio estudante e será refletido e vivenciado sobre sua construção.

Apesar dessas atividades serem diferentes, elas irão acrescentar no desenvolvimento da aprendizagem, enriquecer de sobremaneira a elaboração dos conceitos, e não meramente a memorização. Em função da modelagem o estudante

tem a condição de exprimir um novo modelo mental, remodelar os que já existem ou ainda trocá-lo por outro que se julgue mais aprimorado. O estudante, nesse contexto, é bastante ativo na estruturação do seu conhecimento.

De acordo com Ferreira (2006, p.12), para que os estudantes possam ser inseridos em atividades de modelagem, é necessário que eles desenvolvam algumas ideias principais sobre modelos, de maneira que eles sejam capazes de reconhecer que eles:

- são concretos ou abstratos, não apenas simples artefatos;
- são usados para representar um determinado domínio, não sendo uma cópia;
- ajudam a simplificar os seus domínios, não representando todos os aspectos;
- servem para explicar e prever o comportamento de um fenômeno;
- são aplicáveis em vários contextos, não apenas em situações de interesse imediato;
- são possíveis de modificar, sempre que isso se fizer necessário

Em uma pesquisa realizada por Mendonça (2011), numa turma de segundo ano do Ensino Médio de uma instituição pública, foi aplicado a estratégia do ensino fundamentado de Modelo e Modelagem, em relação as temáticas de ligações iônicas e interações intermoleculares. De acordo com a pesquisa, ficou evidenciado nos seus resultados que esses estavam em concordância com o que era abordado nas literaturas sobre a proposição da aplicação dessa estratégia, tais como: facilitar o entendimento dos modelos (MENDONÇA; JUSTI, 2011), contribuir com a evolução de sua capacidade de investigação (MAIA, 2009) e contribuir com a evolução de sua capacidade de visualização (QUEIROZ, 2009). Segundo Mendonça (2011), de modo geral, "a modelagem cumpriu seu papel quanto à argumentação envolvida na produção, expressão, teste e avaliação de modelos, isto é, constituiu-se de uma prática epistêmica válida para a argumentação científica curricular".

3.3 Interações intermoleculares

A orientação colocada nos PCNEM (BRASIL,1999), para o ensino de Química vai de encontro aquela antiga forma de memorizar as informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados do dia a dia do aluno. De acordo com o PCN+ (BRASIL, 2002), a Disciplina de Química deve ser apresentada e organizada em função de três pilares: transformações químicas, materiais e modelos explicativos.

Diante desse entendimento, entre os conteúdos conceituais necessários para o estudo da Química, segundo Junqueira e Maximiano (2020, p.106)

destaca-se o de interações intermoleculares, que pode ser considerado como um dos conceitos centrais e estruturais dessa Ciência, por permitir a explicação e entendimento da natureza da matéria, suas transformações e propriedades, objeto que define a própria ciência Química.

A Química descreve que no momento em que ocorre a aproximação de átomos, moléculas ou íons, dois fenômenos diferentes podem acontecer: uma reação química ou uma interação química (ROCHA, 2001). A ocorrência de uma reação se dá quando determinadas substâncias se convertem em novas substâncias com propriedades distintas das iniciais. Mas, para que aconteça essa conversão, é necessário que ligações sejam rompidas e/ou formadas entre os átomos, moléculas ou íons. Uma interação química acontece quando moléculas ou íons se atraem ou se repelem sem que cause rompimento ou formação de novas ligações (REIS, 2008). Nesse processo, a energia envolvida, normalmente é menor que a energia que se faz presente em uma reação química. Nessas circunstâncias, as forças que são estabelecidas entre as moléculas são denominadas de interações intermoleculares ou interações não covalentes, que podem ser explicadas pela natureza das cargas elétricas.

A concepção de como são realizadas as interações intermoleculares revela-se como chave para o entendimento de vários fenômenos, pois explica solubilidade, viscosidade, temperatura de fusão e ebulição, tensão superficial, densidade, entre outras (JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2020). Em geral, esse conteúdo é abordado de forma tradicional nas escolas, que possuem modelos acabados, em que o estudante não tem acesso ao que fundamentou e originou aqueles modelos e, assim, podem surgir dúvidas e concepções alternativas dos estudantes que podem não coincidir sobre o conteúdo das interações intermoleculares.

De acordo com Braibante, Miranda e Pazinato (2017), após análise e classificação feitas sobre o tema em diversos artigos publicados, em revistas nacionais e internacionais, tanto em nível básico quanto superior, foram elencadas as seguintes concepções alternativas:

- Não há diferenças significativas entre as forças intermoleculares e as ligações químicas (COOPER et al., 2015);
- Existe ligação de hidrogênio em todas as moléculas que possuem hidrogênio e a força dessa interação é medida pela quantidade de hidrogênios que a molécula

possui, por exemplo, as interações entre as moléculas do CH₄ são mais intensas do que as do NH₃ (GALAGOVSKY et al., 2009);

- Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde (SMITH; NAKHLE, 2011);
- No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio (SCHMIDT et al., 2009);

Junqueira e Maximiniano (2020) observaram que, vários estudantes do Ensino Médio tinham o entendimento que as interações intermoleculares eram mais intensas do que as intramoleculares e também apresentavam muitas dificuldades em compreender a relação das propriedades físicas das substâncias com as forças intermoleculares.

As principais interações intermoleculares são descritas como íon-dipolo, dipolo-dipolo, forças de London (dipolo induzido-dipolo induzido) e ligação de hidrogênio. O Quadro 1 traz uma comparação da energia envolvida nas interações intermoleculares com a energia presente em interações de atração eletrostática (íon-íon), do tipo ligação iônica.

Quadro1 Forças interiônicas e intermoleculares*.

<i>Tipo de interação</i>	<i>Energia típica (Kj.mol⁻¹)</i>	<i>Espécies que interagem</i>
íon-íon	250	somente íons
íon-dipolo	15	Íons e moléculas polares
dipolo-dipolo	2 0,3	moléculas polares estacionárias moléculas polares em rotação
dipolo-dipolo induzido	2	pelo menos uma molécula deve ser polar
London (dispersão) ¹	2	todos os tipos de moléculas
ligação de hidrogênio	20	moléculas que contém uma ligação N-H, O-H ou F-H; a ligação é um átomo de H compartilhado pelas moléculas.

* A interação total experimentada por uma espécie é a soma de todas as interações das quais ela participa.

¹ Também conhecida como interação dipolo induzido-dipolo induzido

Fonte: Atkins e Jones (2012, p.172)

3.3.1 Interação do tipo íon-dipolo

É a interação existente entre o íon (cátion ou ânion) com as cargas parciais de uma molécula polar, ou seja, molécula que apresenta o momento do dipolo elétrico diferente de zero.

Quando temos átomos unidos por uma ligação covalente polar, cuja ligação acontece entre átomos de diferentes eletronegatividades, será formado um dipolo

elétrico, descrito por uma carga parcial positiva bem próxima de uma carga parcial negativa (ATKINS; JONES, 2012). A dimensão de um dipolo elétrico, que é uma maneira de medir a intensidade das cargas parciais, é denominada de momento do dipolo elétrico.

Quando temos sólidos iônicos dissolvidos em meio aquoso, determinado número de moléculas de água vai interagir com os íons do sólido e separá-los. Esse tipo de interação entre as moléculas de água e as partículas solúveis, em especial aos íons, mas não unicamente, é conhecido pelo nome hidratação (solvatação). De acordo com Atkins e Jones (2012), essa hidratação se deve ao fato da molécula de água apresentar um caráter polar.

Logo, quando falamos na hidratação do cloreto de sódio (NaCl), a carga parcial negativa do átomo de oxigênio ($O^{2\delta-}$) sofrerá uma atração pelo cátion do sólido iônico (Na^+) e carga parcial positiva do átomo de hidrogênio ($H^{\delta+}$) sofrerá repulsão. Do mesmo modo, é esperado que a carga parcial positiva do átomo de hidrogênio ($H^{\delta+}$) será atraída pelo ânion (Cl^-) do sólido iônico e do oxigênio ($O^{2\delta-}$) repelida, como é mostrado na figura 1.

Figura 1. Representação da interação do tipo íon – dipolo



Fonte: <https://blogdorafaalmori.files.wordpress.com/2018/08/forcas-ion-dipolo.jpg>

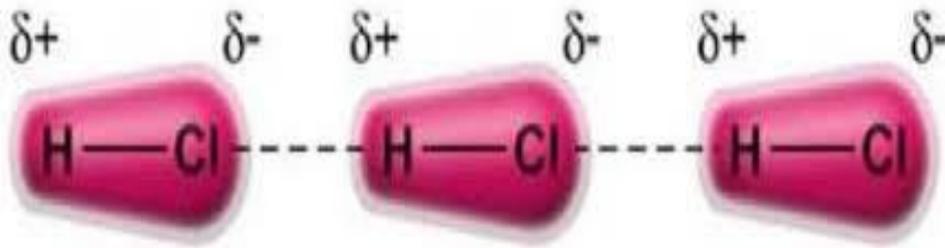
Acesso: 19/12/2020

Com isso, podemos concluir que, como a hidratação é resultado da interação entre os íons do sólido iônico (Na^+ e Cl^-) e as cargas parciais da molécula de água ($\text{H}^{\delta+}$ e $\text{O}^{2\delta-}$), que é polar, tem-se um típico exemplo de uma interação do íon-dipolo.

3.3.2 Interação do tipo dipolo permanente – dipolo permanente

É a interação que existe entre moléculas polares, ou seja, moléculas que apresentam o momento dipolar diferente de zero. No exemplo da figura 2, que apresenta o HCl, devido a maior eletronegatividade do átomo do cloro em relação ao hidrogênio, haverá a formação de um dipolo elétrico, ficando o cloro com uma carga parcial negativa e o hidrogênio com carga positiva. Por consequência, quando essa estrutura entrar em contato com outras moléculas de HCl, na vizinhança, existirá uma atração entre elas em função da interação entre as cargas parciais de seus dipolos elétricos (ATKINS; JONES, 2012)

Figura 2. Representação da interação do dipolo permanente – dipolo permanente



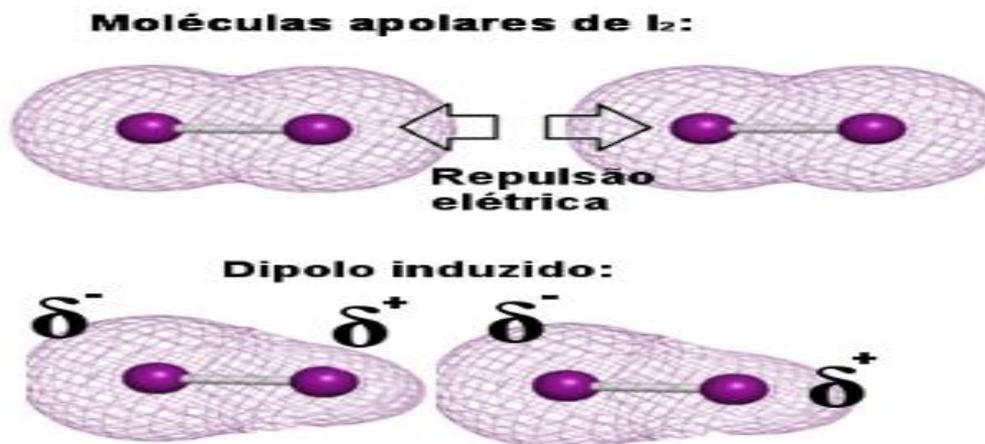
Fonte: https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQT0CODGVPmLa_uuu51yt58HGmpsGoRuF4zA&usqp=CAU Acesso: 19/12/2020

3.3.3 Interação do tipo dipolo induzido-dipolo induzido ou dispersão de London

É a interação que existe entre moléculas não polares, ou entre átomos de gases nobres ou ainda, entre moléculas não polares e polares. Em um primeiro momento, parece não haver nenhum mecanismo que possa atrair essas moléculas apolares. No entanto, devido ao movimento dos elétrons, estes poderão se concentrar num dos

lados da molécula, que ficarão com uma carga parcial negativa, enquanto que o outro lado fica com carga parcial positiva, promovendo, portanto, a formação de dipolos instantâneos, como observado na figura 3. Estes, por sua vez, poderão estimular a polarização das outras moléculas que se encontram na vizinhança, resultando em forças de atração (MIRANDA, 2018).

Figura 3. Representação da interação do dipolo induzido – dipolo induzido



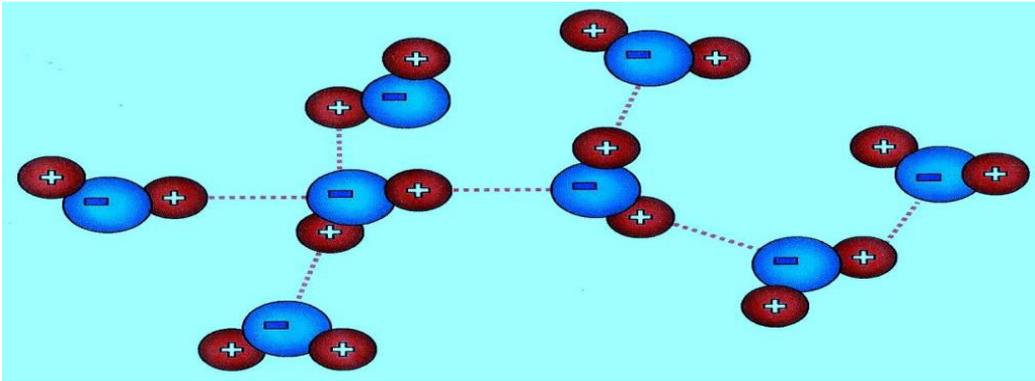
Fonte: <https://biologianet.uol.com.br/upload/conteudo/images/2014/12/dipolo-induzido.jpg> Acesso: 19/12/2020

3.3.4 Interação do tipo ligação de hidrogênio

É a interação existente entre moléculas polares, na qual o hidrogênio, que é o lado positivo da molécula, encontra-se ligado a um átomo com alta eletronegatividade e de pequeno tamanho, que irá constituir o lado negativo da molécula, podendo ser o flúor, o oxigênio ou o cloro. Esse é o tipo mais forte de interação intermolecular. Para melhor compreensão da formação desse tipo de interação, consideremos o que acontece entre as moléculas de água. Como a ligação de hidrogênio e oxigênio (O – H), existente na molécula da água é polar e o átomo de oxigênio O é o mais eletronegativo nessa ligação, ele irá atrair com maior intensidade os elétrons, deixando o átomo de hidrogênio praticamente desprotegido. Como o átomo de hidrogênio é bem pequeno, ele pode se aproximar muito, em função da sua carga parcial positiva, de um dos pares de elétrons isolados do átomo do oxigênio da outra molécula de água. De acordo com Atkins e Jones (2012, p. 178), "o par isolado de

elétrons e a carga parcial positiva da molécula de água atraem-se fortemente e formam a ligação de hidrogênio”, como pode ser observado na Figura 4, em que a representação da ligação de hidrogênio é feita por meio de linhas pontilhadas.

Figura 4. Representação da ligação de hidrogênio na molécula da água



Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/wp-content/uploads/2020/08/pontes-de-hidrogenio-o-que-e-conceito-e-aplicacao-1024x598.jpg> Acesso: 19/12/2020

4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO

Esta investigação caracteriza-se como um estudo de natureza predominantemente qualitativa, que tem como finalidade a ocorrência de interação efetiva entre os estudantes por meio de apresentações, discussões, confrontações e interpretações. Esse tipo de investigação, irá permitir que o professor tenha condições de poder reavaliar as técnicas e os métodos aplicados dando dessa forma a possibilidade de utilização ou melhoria dos procedimentos aplicados, sendo observadas as individualidades e particularidades dos estudantes envolvidos no processo de ensino e de aprendizagem.

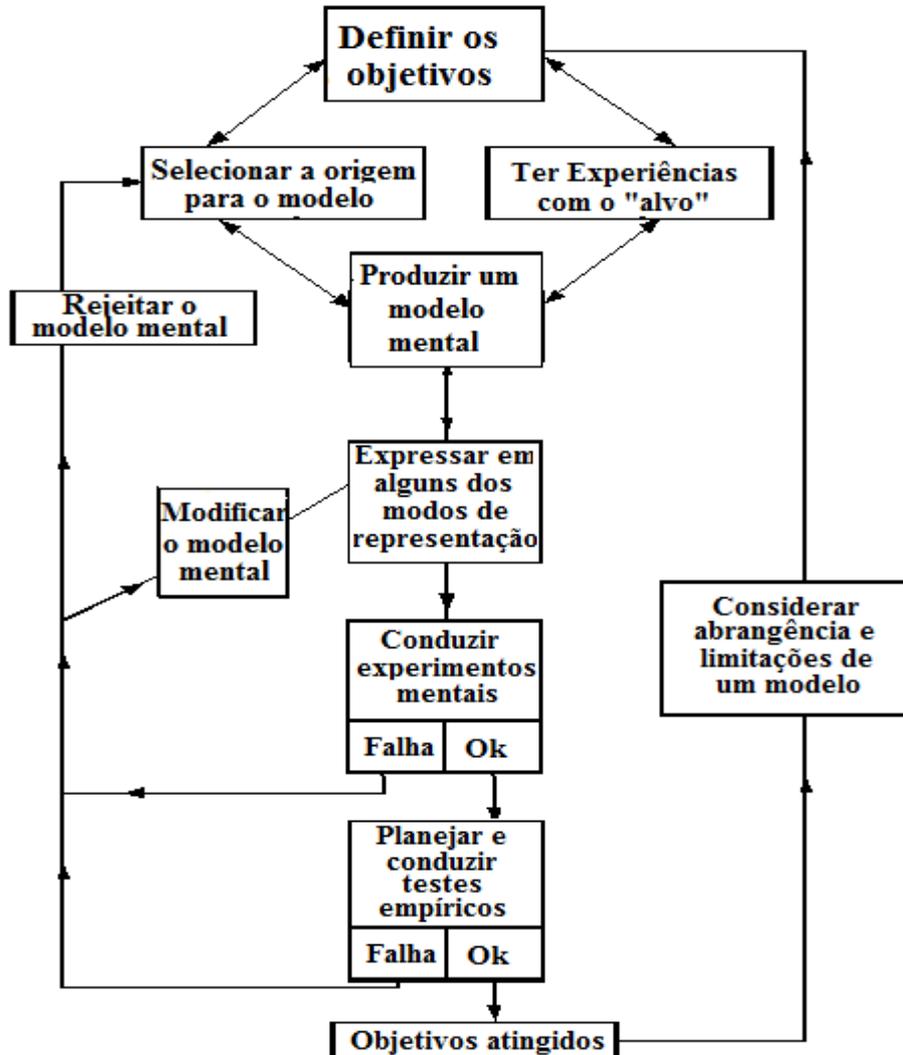
A proposta está em consonância com o ensino fundamentado em modelagem desenvolvido por Justi (2010), considerando a participação ativa dos estudantes na elaboração dos seus modelos e no envolvimento de atividades de modelagem a partir da sequência didática conduzida pelo professor pesquisador. Dessa maneira, tem-se uma grande oportunidade para que o processo de análise científica seja fortalecido em suas habilidades e compreensão, uma vez que, ao projetar um modelo, em princípio, ocorre um processamento da escolha e inclusão de itens que são julgados importantes por uma ocasião individual (JUSTI; MAIA, 2009).

Além disso, a estratégia de ensino envolvendo a construção de modelos (modelagem) é dinâmica e bastante criativa, e requer muitas aptidões, por isso os pesquisadores têm o entendimento que algumas etapas são pertinentes ao processo.

Para o procedimento envolvendo a modelagem, Justi e Gilbert (2002, p.371) desenvolveram um diagrama constituído por etapas, o qual foi denominado de “Diagrama Modelo de Modelagem” (DMM) e que medeiam a produção do conhecimento científico. Esse diagrama, no qual as etapas se inter-relacionam estão estruturadas na representação da figura 5.

De acordo com Maia (2009), o diagrama não tem como propósito a criação de sequência exclusiva na condução da elaboração de um modelo. O DMM foi estruturado em função da análise de construção de modelos na ciência, portanto todos os passos presentes no diagrama são fundamentais e característicos à produção de modelos, que normalmente são realizados de maneira consciente pelo pesquisador (cientista) ou por estudante e aprendizes.

Figura 5: Principais etapas envolvidas no Diagrama Modelo de Modelagem (DMM).



Fonte: Justi e Gilbert (2002, p. 371)

Fazendo uma breve descrição das etapas envolvidas no DMM, pode-se dizer que a elaboração de um modelo é principiada pela observação do fenômeno que se deseja estudar, por isso é de fundamental importância que se tenha um objetivo do que se deseja modelar. Após a definição do objetivo, o indivíduo irá desenvolver um modelo mental para seu objeto de investigação, levando em consideração as peculiaridades sobre o fenômeno que será estudado com a utilização de dados teóricos ou experimentais que possam facilitar na produção de seu modelo mental inicial. Ainda nessa etapa, segundo Lima (2007, p.72), “a criatividade e o pensamento crítico conduzem a elaboração do modelo mental”.

Já que o modelo mental é inerente apenas ao indivíduo que o criou, ele deve procurar alguma forma de externar esse modelo utilizando um modo de representação (concreto, visual, verbal, gestual, matemático, computacional), que seja capaz de interagir, ou seja, sociabilizar com os outros (MAIA, 2009). A etapa em questão é definida como expressão do modelo. Durante esse processo existe a possibilidade de transformação tanto do modelo expresso quanto do modelo mental, até o instante em que um esteja adequadamente em compatibilidade com o outro.

Em um outro momento, esse modelo elaborado expresso deverá ser submetido à etapa de testes que podem ocorrer de duas formas: via experimentos mentais ou por meio de planejamento e execução de testes empíricos. A caracterização dessa etapa se dá pela ocorrência incessante ou alternada desses dois tipos de testes ou pela aplicação de um único tipo de teste (MAIA, 2009). No entanto, isto estará na dependência da entidade modelada, ou seja, em função do modelo que se está sendo trabalhado, como também da disponibilidade de recursos necessários à realização dos testes empíricos, ou do conhecimento de todos os indivíduos participantes do processo.

Caso ocorra alguma falha do modelo quando da aplicação dos testes, é possível retornar as etapas anteriores e propor mudanças no modelo elaborado, ou ainda poder rejeitá-los. Entretanto, se o modelo apresentado for bem-sucedido na etapa de testes, isso significará que o objetivo para qual ele foi proposto foi alcançado.

Nessa condição, o modelo deverá ser exibido para outras pessoas que deverão reconhecer ou não a sua validade, a partir da constatação de sua aplicabilidade em outras conjunturas (JUSTI; SOUZA, 2010). Essa etapa é essencial para que sejam abordadas as limitações do modelo como também suas abrangências. Nesta etapa, é importante ficar evidente que o modelo é uma criação do ser humano, que é passível de modificações e com limitações bastante peculiares.

Outro aspecto que deve ser considerado no diagrama, é que o processo de modelagem é bastante dinâmico e não linear. De acordo com Maia (2009) e Justi e Souza (2010), isso torna-se bastante claro quando se é observado na figura 5 as chamadas setas duplas, que mostra a inter-relação entre as etapas, ou seja, a influência que uma etapa poderá ter na outra.

Nessa perspectiva, espera-se que as atividades planejadas nesta Sequência Didática, estejam sendo apresentadas pelo pesquisador, com efetiva participação dos aprendizes em todas as etapas, mediante interação e acompanhamento, além do

registro de todos os elementos observados, pois concordamos com Guerra (2014, p.11) que “nesse tipo de pesquisa qualitativa, são fundamentais os seguintes elementos: (i) a interação entre o objeto de estudo e pesquisador; (ii) o registro de dados ou informações coletadas e (iii) a análise do pesquisador”.

4.2 LOCAL E SUJEITOS DA PESQUISA

A intervenção didática tinha a expectativa de ser realizada em uma escola pública federal da região metropolitana do Recife, com estudantes da 1ª Série do Ensino Médio do turno da manhã, com a mediação do autor desta intervenção. A escolha se daria devido ao mestrando lecionar nessa escola e na citada série.

Na 1ª Série do ensino médio dessa escola participam, em média 160 estudantes distribuídos em cinco turmas, que vão da 101 a 105, e a idade desses jovens varia entre 13 e 17 anos. Cada turma é composta, em média, por 30 a 33 estudantes, ficando estabelecida para a estruturação dos grupos, composição de cinco ou seis estudantes, escolhidos de forma aleatória, por meio de sorteio com a intenção de formarem grupos distintos. A intenção era de que houvesse uma interação pessoal efetiva entre os participantes.

Entretanto, para a pesquisa foi realizada a validação da sequência didática, por meio do convite a 12 professores de Química (novos sujeitos da pesquisa) participantes do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, a fim de avaliarem a proposta desta sequência didática, e responderem a um questionário e, dessa forma possibilitarem a validação da sequência didática. Isso foi decorrente da impossibilidade de aplicação da sequência didática com os estudantes, no período de março de 2020 a abril de 2021, tendo em vista a suspensão das aulas presenciais por causa da pandemia da Covid-19.

Assim, na tentativa de atingir os propósitos da pesquisa foi proposto o procedimento metodológico a seguir, no sentido de compreender as formas e o entendimento dos procedimentos vinculados à metodologia do ensino fundamentado em modelagem, abordados nesta investigação.

4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Esta pesquisa será subsidiada por três momentos, são eles: planejamento da sequência didática; desenvolvimentos das etapas da sequência didática; coleta e análise de dados.

4.3.1 Planejamento da sequência didática

A elaboração da sequência didática na perspectiva do “Diagrama Modelo de Modelagem” (DMM) desenvolvido por Justi e Gilbert (2002) foi estruturada para quatro encontros, perfazendo um total de oito aulas, e mais um encontro para a avaliação final com duração de 50 minutos, como observado nos quadros 2 e 3, respectivamente.

Quadro 2: Resumo das atividades desenvolvidas associadas ao diagrama DMM (figura 5).

Encontro	Atividade	Descrição
1º Encontro (aulas 1 e 2). Tempo previsto: 100 minutos.	1. Identificação de conhecimentos prévios dos estudantes sobre interações intermoleculares e assuntos correlacionados	Na aula inicial será apresentado a proposta de “ensino fundamentado em modelagem”. Em seguida, os estudantes responderão um questionário diagnóstico, com o objetivo de identificar os seus conhecimentos sobre as interações intermoleculares e assuntos correlatos. Posteriormente, será explicada a metodologia a ser utilizada (modelagem) e será feito o uso do modelo da caixa fechada para compreensão dos estudantes do que seja um modelo.

<p>2º Encontro (Aulas 3 e 4) Tempo previsto 100 minutos.</p>	<p>2. Realização de um experimento associado ao fenômeno de interações intermoleculares.</p>	<p>No início da aula, será estabelecida a divisão dos grupos e entregue um roteiro experimental contendo o procedimento do experimento a ser realizado em grupo, intitulado: "Por que a agulha flutua sobre a água?". Os grupos serão orientados para discussão do fenômeno observado até que cheguem num consenso para a elaboração de um modelo mental que represente o fenômeno ocorrido e para sua expressão, utilizando os materiais que serão disponibilizados, tais como: bolas de isopor, palitos, massa de modelar, dentre outros. Em seguida os grupos deverão socializar entre si seus modelos construídos.</p>
<p>3º Encontro (Aulas 5 e 6) Tempo previsto 100 minutos.</p>	<p>3. Exibição de um vídeo que possibilite a reflexão e reestruturação dos modelos ou não.</p>	<p>Após a apresentação dos modelos mentais elaborados, com consequente interpretação e explicação do fenômeno observado, será apresentado um vídeo o qual proporcionará estabelecer uma relação entre as interações intermoleculares e a tensão superficial, com a intervenção do professor para esclarecer as possíveis dúvidas.</p>

		Dessa forma, o estudante terá a oportunidade de reavaliar os seus conhecimentos e relacioná-los ao modelo desenvolvido, podendo modificar, reelaborar ou até mesmo abandonar o seu modelo, e ainda construir um novo.
4º Encontro (Aula 7 e 8) Tempo previsto: 50 minutos.	4. Momento de busca de um modelo de consenso (modelo consensual).	Realização de uma outra atividade experimental, a fim de oportunizar ao aprendiz rever seus modelos reelaborados. Após os debates que serão realizados na sala de aula pelos grupos, tentará se encontrar um modelo que esteja em consonância entre todos os grupos envolvidos nas atividades para a elaboração do modelo consensual. Ademais, será discutido e observada a abrangência e a limitação do modelo que será escolhido em consenso com todos os partícipes das atividades.

Fonte: Justi e Souza (2010, p. 7)

Quadro 3: Descrição resumida do momento da avaliação final.

Encontro	Atividade	Descrição
5º Encontro (Aula 9) Tempo previsto 50 minutos	Momento da avaliação final, envolvendo o entendimento conceitual do estudante, bem como a aplicação da metodologia de	Aplicação de dois questionários individuais: um para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre o tema abordado e outro para avaliar a metodologia do ensino

	modelagem desenvolvida.	fundamentado em modelagem
--	-------------------------	---------------------------

Fonte: Justi e Souza (2010, p. 7 e 8)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

PRIMEIRO ENCONTRO (Aula 1 e 2):

Esse encontro foi planejado com o propósito de apresentar aos estudantes, a proposta de ensino fundamentado em modelagem (EnFM) para a aprendizagem do conteúdo de interações intermoleculares, além da identificação das concepções prévias dos estudantes com relação a essa temática.

Dessa forma, o professor explanará sobre modelos, esclarecendo que são uma maneira de representar uma ideia, um objeto, um fenômeno e que pode ser empregado para interpretar resultados, conduzir pesquisas, fazer previsões e possibilitar o diálogo (GILBERT, BOULTER; ELMER, 2000). Serão abordados vários tipos de modelos, como por exemplo o mental que é próprio de cada pessoa e que ele poderá ser expresso de várias formas, tais como: concreta, verbal, escrita, visual e que esses modelos são apenas representações parciais e não uma realidade em si, visto que tem limitações, portanto o modelo é passível de sofrer modificações ao longo de todo processo.

Para identificar as concepções prévias dos estudantes com relação ao conteúdo das interações intermoleculares e conceitos relacionados como ligação Química e as suas formas de representações, a polaridade das moléculas, os estados de agregação da matéria, tensão superficial, densidade e solubilidade, foi elaborado um questionário contendo nove questões. Nesse questionário, foram observados quesitos que envolvem o cotidiano, e também abordam aspectos microscópico e macroscópico da matéria. Para utilização dos critérios de análise das respostas, foram organizadas quatro categorias de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65).

O critério de avaliação das explicações dos estudantes ao questionário, foi feito em conformidade com as teorias disponibilizadas com os conceitos de interações intermoleculares descritos nas literaturas de (ATKINS; JONES, 2012; MAHAN; MYERS, 2014). A importância da identificação desses conhecimentos prévios é que,

provavelmente, eles serão retomados ao longo de todo o processo, possibilitando ao professor mediar a construção do conhecimento quando julgar necessário. O questionário proposto, a finalidade e os critérios de avaliação estão localizados no quadro 4.

Quadro 4. Questionário para Identificação das concepções prévias dos estudantes em relação ao conteúdo de interações intermoleculares e conceitos correlacionados.

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Como você representaria as partículas nos estados sólido, líquido e gasoso?	Identificar se o estudante tem conhecimento da organização das partículas nos estados sólido, líquido e gasoso.	<p>Quando o estudante representar as partículas no estado sólido próximas umas das outras, no estado líquido mais afastadas que no estado sólido e no estado gasoso totalmente desorganizadas, em relação ao estado sólido e líquido. Ou se ao invés de representar, o estudante falar conceitualmente que as partículas estão mais próximas no estado sólido, mais afastadas no estado líquido e ainda mais afastadas no estado gasoso. (RS)</p> <p>Quando pelo menos em um dos estados físicos a representação das partículas estiver de acordo com a organização ou com o conceito de organização. (RPS)</p> <p>Quando nem a representação e nem o conceito for explicado de uma forma correta. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>

<p>02. Os átomos se organizam formando as substâncias. Como você definiria essa interação?</p>	<p>Identificar as concepções prévias do estudante sobre a interação que ocorre entre os átomos para formar as substâncias.</p>	<p>Quando o estudante relatar que a interação é interatômica ou intramolecular. Ou ainda se mencionar ligação iônica devido a formação de íons positivos e negativos ou ligação covalente devido ao compartilhamento de elétrons, ou ligação metálica onde a interação se dá entre os cátions metálicos e os elétrons livres (RS)</p> <p>Quando o estudante mencionar pelo menos um dos conceitos de interação corretamente. (RPS)</p> <p>Quando a interação citada não for interatômica/intramolecular. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>03. Como você representaria as interações entre os átomos das moléculas de substâncias como a água e o ácido sulfúrico?</p>	<p>Identificar se o estudante consegue representar utilizando a linguagem química.</p>	<p>Se o estudante colocar H_2O para água e H_2SO_4 para o ácido ou se colocar a fórmula estrutural das substâncias ou se usar o modelo bolinhas e/ou cruzetas para ambas substâncias. (RS)</p> <p>Quando o estudante representou pelo menos uma das substâncias corretamente. (RPS)</p> <p>Quando as substâncias forem representadas incorretamente. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>

<p>04. O que são moléculas polares e moléculas apolares?</p>	<p>Identificar se o estudante sabe diferenciar uma molécula apolar de uma molécula polar.</p>	<p>Quando o estudante falar que as moléculas apolares não possuem polos (positivos e nem negativos), enquanto que as moléculas polares possuem polos (positivos e negativos) ou será apolar quando o vetor momento do dipolo for igual a zero e polar diferente de zero. (RS)</p> <p>Quando um desses conceitos forem citados (RPS)</p> <p>Quando os conceitos forem citados incorretamente. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>05. O que você entende por forças intermoleculares?</p>	<p>Analisar a compreensão do estudante em relação ao conceito de forças intermoleculares</p>	<p>Se os estudantes falarem que são forças que mantêm as moléculas unidas ou se citarem os tipos de interações que explicam essas moléculas unidas: dipolo induzido, dipolo permanente, ligação de hidrogênio, íon-dipolo. (RS)</p> <p>Se os estudantes colocarem pelo menos um dos tipos ou falar em polaridade da substância (RPS)</p> <p>Se conceituar ou exemplificar incorretamente as interações intermoleculares. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>

<p>06. Você sabe dizer que tipo de força intermolecular atua entre as moléculas da água?</p>	<p>Analisar o conhecimento do estudante sobre ligação de hidrogênio</p>	<p>Quando o estudante mencionar ligação de hidrogênio. (RS)</p> <p>Quando o estudante falar em forças de Van Der Waals ou dipolo permanente. (RPS)</p> <p>Quando o estudante falar outro tipo de força ou ligações químicas. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>07. É muito comum ouvirmos dizer que a água e o óleo de cozinha não se misturam, sendo chamados, portanto de líquidos imiscíveis. Você saberia o porquê?</p>	<p>Perceber se o estudante consegue estabelecer a relação entre a polaridade e as propriedades das substâncias</p>	<p>Quando é relacionada solubilidade com a polaridade, ou seja, substâncias de polaridades diferentes não se misturam (RS)</p> <p>Quando o estudante colocar mistura heterogênea (RPS)</p> <p>Quando não falar em solubilidade, polaridade ou caso mencione a densidade. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>08. Você já deve ter observado que quando colocamos o gelo em um copo com água, ele vai flutuar. Como você explicaria esse comportamento?</p>	<p>Analisar se o estudante reconhece as diferenças nas propriedades da água nos diferentes estados físicos.</p>	<p>Quando o estudante colocar que o gelo (água no estado sólido) é menos denso que a água líquida ou que as interações intermoleculares são diferentes nos diferentes estados físicos da água. (RS)</p> <p>Quando for comentado que a causa é devido a ligação de hidrogênio. (RPS)</p>

		<p>Quando o estudante não comentar sobre densidade ou ligação de hidrogênio. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>09. É importante conhecer as ligações químicas para compreender as propriedades das substâncias? Cite exemplos.</p>	<p>Identificar as associações estabelecidas pelo estudante sobre o tipo de ligação química com as propriedades das substâncias.</p>	<p>Quando os estudantes associarem as propriedades físicas ou químicas às substâncias envolvidas usando os conceitos de substâncias iônica, covalente e metálica, ou expressar por meio das fórmulas ou ainda mencionar a propriedade associando com a substância exemplificada. Ex: NaCl – alto PE, sólidos em temperatura ambiente, excelentes condutores da corrente elétrica em meio aquoso ou fundidos. H₂O – baixo PE, solvente universal, polaridade, dentre outras. Fe(s) – Boa condutividade térmica e elétrica, dúcteis, maleáveis, dentre outras. (RS)</p> <p>Quando os estudantes colocarem pelo menos os tipos de ligações ou as fórmulas das substâncias ou os conceitos das ligações. (RPS)</p> <p>Quando os estudantes não estabelecerem nenhuma relação das substâncias com suas propriedades. (RI)</p>

		Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)
--	--	--

Fonte própria

Em seguida, será trabalhado com o estudante uma atividade denominada de “modelo de caixa fechada” com o intuito de desenvolver um modelo mental. Nessa atividade, o professor irá levar uma caixa fechada para sala de aula contendo um objeto que não será informado ao estudante. A partir daí os estudantes passarão a manipular essa caixa e fazer perguntas em busca de evidências com o propósito de construir um modelo do objeto que se encontra dentro da caixa.

Durante a construção desses modelos, os estudantes poderão trocar ideias entre si, procurando construir o seu modelo da melhor forma possível. Ao final da aula, o professor irá apresentar o objeto contido na caixa e pedirá que os estudantes reflitam no modelo mental elaborado com o objeto em questão.

A realização desse encontro terá duração de 100 minutos, como pode ser observado no quadro 5, assim distribuídos:

Quadro 5: PRIMEIRO ENCONTRO: Aulas 1 e 2

Aulas 1 e 2: Apresentação da proposta da pesquisa e identificação de concepções prévias e atividade da caixa fechada	
Tópicos	Tempo
Apresentação da proposta da pesquisa em Power point.	15 minutos
Explicação e Aplicação de um questionário diagnóstico.	30 minutos
Realização da atividade da caixa fechada e elaboração do modelo mental	40 minutos
Discussão sobre a elaboração do modelo	15 minutos

Fonte: própria

SEGUNDO ENCONTRO: (Aulas 3 e 4):

O segundo encontro foi estruturado para atender uma das etapas, elaboração, da estratégia de ensino fundamentado em modelagem, baseado no esquema da figura 1. Inicialmente, a turma será dividida em seis grupos de cinco ou seis estudantes

designados da seguinte forma: AB1, AB2, AB3, AB4, AB5 e AB6. A conformação desses grupos será realizada por meio de sorteio com a intenção de serem constituídos grupos heterogêneos em que os estudantes não tenham um grupo habitual de trabalho e de modo que não ultrapasse o limite de seis estudantes por grupo formado.

Nessa perspectiva, foi planejada uma atividade experimental (Experimento 1) que será realizada na sala de aula por cada um dos grupos participantes. O roteiro do experimento (APÊNDICE 1) será projetado no quadro branco pelo Data show. Os estudantes farão a leitura e possíveis dúvidas deverão ser explicadas pelo professor. Todo o material que será usado no experimento estará disponível nas mesas da sala de aula com a identificação de cada um dos grupos formados (AB1, AB2, AB3, AB4, AB5 e AB6).

Essa atividade consiste em investigar o porquê de uma agulha flutuar quando colocada na superfície da água, a fim de permitir aos estudantes, estabelecer uma relação entre as interações intermoleculares e a tensão superficial, pois acredita-se que o uso do experimento poderá favorecer o desenvolvimento da aprendizagem (JUSTI; MOZZER; QUEIROZ, 2007). Após a realização do experimento, os estudantes serão questionados sobre suas previsões e também a respeito do que foi observado no experimento, por meio de perguntas que se encontram no roteiro colocado pelo professor no início da aula.

Como destacado no quadro 6, serão utilizadas quatro categorias de análise das respostas, organizadas da seguinte forma: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65)

Quadro 6. Questionamentos relativos à atividade experimental do 2º encontro.

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Por que a agulha flutua quando colocada na água?	Identificar se o estudante tem conhecimento do fenômeno da tensão superficial.	Quando o estudante relatar que é devido ao fenômeno da tensão superficial. (RS) Quando for colocado que é devido as forças intermoleculares. (RPS)

		<p>Quando o estudante não citar o fenômeno e nem as forças intermoleculares. (RI)</p> <p>Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>02. Você sabe dizer qual a força intermolecular existente entre as moléculas de água? Sim ou não? Se sim, Justifique?</p>	<p>Verificar o entendimento do estudante em relação ligação de hidrogênio.</p>	<p>Quando o estudante relatar que é a ligação de hidrogênio. (RS)</p> <p>Quando o estudante mencionar que é a força do dipolo-dipolo e não se referir a ligação de hidrogênio. (RPS)</p> <p>Quando a força mencionada não for ligação de hidrogênio ou dipolo-dipolo. (RI)</p> <p>Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>03. O que aconteceu com a agulha quando o detergente foi adicionado? Você poderia justificar?</p>	<p>Identificar se o estudante consegue compreender que a força da interação intermolecular da água foi diminuída quando da adição do detergente.</p>	<p>Se o estudante responder que a agulha afundou devido a diminuição da tensão superficial. (RS)</p> <p>Quando o estudante mencionar que foi devido ao enfraquecimento das forças intermoleculares, sem explicitar a ligação de hidrogênio. (RPS)</p> <p>Quando o estudante se referir a um outro tipo de interação intermoleculares. (RI)</p> <p>Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>

<p>04. No fenômeno em que a agulha flutua na água, a adição do detergente irá provocar algum tipo de quebra de ligações entre as moléculas de água? Sim ou não? Se sim, qual foi?</p>	<p>Verificar se o estudante compreende que no fenômeno em questão o detergente causará há ruptura das interações intermoleculares, ou seja, diminuição da tensão superficial.</p>	<p>Quando o estudante mencionar que sim devido a ruptura da ligação de hidrogênio. (RS)</p> <p>Se o estudante relacionar com a quebra da ligação do dipolo permanente. (RPS)</p> <p>Se o estudante mencionar outro tipo de ruptura ou que não houve ruptura. (RI)</p> <p>Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>
---	---	--

Fonte própria

Por fim, os estudantes serão convidados a criar, ou seja, expressar um modelo para representar o fenômeno observado, utilizando os materiais que estarão disponíveis: palito de dente ou churrasco, bolas de isopor, cola, tesoura, canetas coloridas ou lápis de cor (no mínimo seis cores), papel, entre outros, que estarão colocados em uma segunda mesa, também identificada ao lado da primeira mesa. Conforme estabelecido anteriormente, o professor, terá acesso ao modelo produzido, o qual será fotografado, para posterior comparação da evolução do desenvolvimento do modelo criado pelos grupos, durante os encontros vivenciados. No entanto, cada grupo ficará responsável pela guarda de seu modelo e estará comprometido em trazê-lo nos próximos encontros.

A realização desse encontro terá duração de 100 minutos, de acordo com a distribuição descrita no quadro 7.

Quadro 7. SEGUNDO ENCONTRO: Aulas 3 e 4

Aulas 3 e 4: Divisão da turma em grupos, realização de uma atividade experimental e elaboração de um modelo	
Tópicos	Tempo
Divisão das turmas em seis grupos constituídos por cinco ou seis alunos	10 minutos

Explicação do roteiro e dúvidas para realização da primeira atividade	10 minutos
Realização da atividade experimental (Experimento 1)	15 minutos
Respostas as perguntas realizadas após o Experimento 1.	15 minutos
Elaboração, discussão e expressão do modelo	55 minutos

Fonte: própria

TERCEIRO ENCONTRO (Aulas 5 e 6)

Após a construção dos modelos no segundo encontro, será solicitado aos grupos que os apresentem e forneçam explicações sobre a elaboração do seu modelo, o que os motivou na escolha dos materiais e o que eles representavam, fazendo associação com o fenômeno observado na atividade experimental do segundo encontro. Essa abordagem de ensino procura facilitar um maior envolvimento do estudante no desenvolvimento de sua aprendizagem,

Com o propósito de contribuir com o conhecimento dos estudantes sobre a intensidade das forças de interações intermoleculares, será apresentado um vídeo que explica a relação entre as forças intermoleculares e a tensão superficial, produzido por Arantcha Nardi - Mateus Costa - Wellington Lucena do Grupo de pesquisa NIPPEQ, disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=8vaeo6R2RJc>

Nesse momento, o professor fará intervenção para explicar o fenômeno ocorrido com maior detalhamento. Dessa forma, o estudante terá a oportunidade de reavaliar os seus conhecimentos a partir do modelo desenvolvido, podendo modificar, reelaborar ou até mesmo abandonar o seu modelo, construindo um novo (JUSTI; MOZZER; QUEIROZ, 2007).

Como será visto no quadro 8, a realização desse encontro terá duração de 100 minutos, assim distribuídos:

Quadro 8. TERCEIRO ENCONTRO: Aulas 5 e 6

Aulas 5 e 6: Apresentação dos modelos	
Tópicos	Tempo
Apresentação e explicação dos modelos elaborados e materiais escolhidos	30 minutos

Discussão entre os grupos para defesa do seu modelo	20 minutos
Apresentação do vídeo sobre tensão superficial (NIPPEQ)	10 minutos
Reelaboração ou elaboração de um novo modelo	40 minutos

Fonte: própria

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Após o término do terceiro encontro o professor poderá sugerir aos estudantes uma atividade complementar. A sugestão é para os estudantes analisarem em casa os dados a Tabela 1, que fornece valores de ponto de fusão e ponto de ebulição de algumas substâncias. Essa tarefa tem o intuito de que eles observem a existência de relação entre a intensidade das forças intermoleculares com o ponto de fusão e ponto de ebulição de diferentes substâncias, de acordo com os questionamentos orientativos elaborados pelo professor para condução dessa atividade, conforme descrito no Quadro 9.

Tabela 1. Substâncias e algumas de suas propriedades.

Substância	Fórmula	Massa Molar	Ponto de Ebulição	Ponto de Fusão
Água	H ₂ O	18 g/mol	100°C	0°C
Sulfeto de Hidrogênio	H ₂ S	34 g/mol	- 60,2°C	-85,5°C
Seleneto de Hidrogênio	H ₂ Se	81 g/mol	- 41,2°C	-65,7°C
Telureto de Hidrogênio	H ₂ Te	130 g/mol	- 2,2°C	-49,0°C

Fonte própria

Quadro 9: Questionamentos relacionados à atividade complementar.

QUESTIONAMENTOS
01. Observando a tabela, qual dessas substâncias apresenta maior ponto de fusão e ebulição. Você saberia explicar por que isso ocorre?
02. Entre o sulfeto de hidrogênio (H ₂ S), o seleneto de hidrogênio (H ₂ Se) e o telureto de hidrogênio (H ₂ Te), qual deles tem maior ponto de ebulição?
03. Justifique o porquê da sua resposta da segunda pergunta?
04. Existe alguma relação entre o ponto de ebulição e as interações existentes nas substâncias presentes nesse quadro? Sim ou não? Justifique?

Fonte própria

QUARTO ENCONTRO (Aulas 7 e 8)

Com a intenção dos estudantes avaliarem seus modelos quanto à capacidade de previsão e explicação e ainda oferecer a eles mais conhecimentos, será realizado pelo professor o experimento do leite psicodélico (Experimento 2), que consiste em adicionar corantes de cores diferentes ao leite, posteriormente, adicionar o detergente. Novamente, o roteiro (APÊNDICE 2) desse experimento será projetado por meio do Data show e será pedido que um estudante de cada grupo seja responsável pela gravação e pelas fotografias dessa aula experimental. Após o experimento, com o intuito do grupo refletir sobre o modelo elaborado, será perguntado se existe relação entre esse experimento com o experimento realizado no segundo encontro, como observado no quadro 10.

Após os debates realizados pelos grupos, será feita tentativa de se encontrar um modelo que esteja em consonância entre todos os grupos envolvidos para a elaboração dos modelos. Além disso, será discutido e observada a abrangência e limitação do modelo que será escolhido em consenso com todos os partícipes da modelagem.

Quadro 10. Questionamentos sobre o experimento do leite psicodélico.

QUESTIONAMENTOS
01. Existe alguma relação desse experimento do leite psicodélico com o fenômeno apresentado no segundo encontro? Sim ou não? Se sim, pode identificar qual?
02. Qual o papel do detergente nesse experimento?
03. Essa ação do detergente pode ser entendida no processo de retirada da gordura das louças, sim ou não? Por quê?

Fonte própria

Após os debates realizados pelos grupos, será feita tentativa de se encontrar um modelo que esteja em consenso entre os modelos elaborados dos grupos envolvidos. Além disso, será discutido e observada a abrangência e limitação do modelo que será escolhido em consenso com todos os partícipes da modelagem.

Para finalizar esse encontro, o professor deverá ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre a temática de forças intermoleculares, buscando estabelecer uma

relação da temperatura com as interações intermoleculares. Logo depois será pedido ao grupo que revise o modelo elaborado e verifique se será possível validá-lo, ou não. Sendo assim, deverão entregar no próximo encontro o modelo ao professor.

A realização desse encontro terá duração de 100 minutos, conforme descrito no Quadro 11.

Quadro 11. QUARTO ENCONTRO: Aulas 7 e 8

Aulas 7 e 8: Realização de atividade experimental realizada pelo professor associada à aula expositiva e dialogada	
Tópicos	Tempo
Realização da atividade experimental (Experimento 2)	15 minutos
Debates para se escolher um modelo consensual e verificação de abrangência e limitação do modelo.	50 minutos
Realização de uma aula expositiva e dialogada	35 minutos

Fonte própria

QUINTO ENCONTRO:

Esse encontro tem por finalidade avaliar a aprendizagem do estudante referente ao conteúdo de interações intermoleculares e assuntos relacionados, bem como avaliar a aplicabilidade da utilização do ensino fundamentado em modelagem para compreensão das interações intermoleculares.

Para tanto, serão realizados dois questionários: um para avaliação individual do estudante com a intenção de verificar a aprendizagem sobre o conteúdo de interações intermoleculares abordado, composto por quatro questões. O outro irá abordar se o uso da modelagem, ou seja, do ensino fundamentado em modelagem, pôde contribuir para a compreensão dos conceitos de interações intermoleculares.

A realização desse encontro terá duração de 50 minutos, conforme distribuído no Quadro 12.

Quadro 12: QUINTO ENCONTRO: Aula 9

Aula 9: Realização de dois questionários de avaliação	
Tópicos	Tempo

Avaliação da aprendizagem do estudante referente ao conteúdo de interações intermoleculares (Q1)	25 minutos
Avaliação da metodologia aplicada (Q2)	25 minutos

Fonte: própria

Para utilização do critério de análises das respostas do Questionário Q1, foram organizadas quatro modelos de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65), como podemos ver no quadro 13.

Quadro 13: Q1 - Questionário de avaliação da aprendizagem do estudante referente às interações intermoleculares

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Quando se é colocado com cuidado e acomodado horizontalmente uma lâmina de barbear, uma moeda ou um clipe, que apresentam uma densidade maior, sobre a superfície da água é observado que não afundam. Qual a força intermolecular que atua na água e que provoca esse tipo de fenômeno?	Avaliar se o estudante tem conhecimento de que a força intermolecular que atua na água é ligação de hidrogênio.	Quando o estudante mencionar ligação de hidrogênio (RS) Quando o estudante mencionar em dipolo permanente ou tensão superficial. (RPS) Quando o estudante mencionar em um outro tipo de força. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)
02. A forte atração existente entre as moléculas de água, que se encontram polarizadas, quando na superfície desse líquido irão se atrair de maneira ainda	Identificar se o aluno compreendeu que a tensão superficial da água é o que permite alguns objetos mais densos ou insetos	Quando o estudante relatar que o fenômeno em questão é denominado de tensão superficial (RS) Quando o estudante mencionar que o fenômeno

<p>mais forte do que as moléculas que se encontram dentro, ou seja, no interior do líquido. Dessa forma será criada uma fina película na superfície da água como se fosse uma camada plástica, o que permite que alguns insetos possam andar ou pousar na água. Que o nome se dá ao fenômeno ocorrido?</p>	<p>poderem flutuar ou andar na sua superfície.</p>	<p>é chamado de interações intermoleculares (RPS) Quando não for citado o nome do fenômeno. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>03. No experimento realizado na segunda etapa para saber se agulha flutua na água foi observado a adição de detergente nessa experiência o que provocou o afundamento dessa agulha. Você acha que o detergente aumentou ou diminuiu a força de atração das moléculas de água? Justifique.</p>	<p>Analisar se o estudante compreendeu que o detergente quebra as forças intermoleculares e enfraquece a tensão superficial.</p>	<p>Se o estudante colocar que o detergente diminui a força de atração, justificando dessa forma a quebra das interações intermoleculares ou que o detergente diminui a força de atração e enfraquece a tensão superficial (RS) Quando o estudante colocar apenas que diminui, ou apenas que força será enfraquecida ou apenas que ocorre a quebra das forças intermoleculares. (RPS) Quando respondido que irá aumentar a força de atração. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>

Sim ()					Não ()
05. Na sua opinião, como você avalia essa metodologia aplicada (ensino fundamentado em modelagem) na abordagem das interações intermoleculares.					
Indiferente ()	Ruim ()	Regular ()	Bom ()	Ótimo ()	
06. O uso do ensino fundamentado em modelagem (EnFM) o motivou de alguma forma para que você tenha mais interesse pela disciplina de Química?					
Sim ()	Não ()	Pouco ()	Não motivou ()		

Fonte própria

4.3.2 Desenvolvimento da intervenção didática

O desenvolvimento da intervenção didática será realizado conforme descrito no planejamento do item anterior, após o preenchimento do termo de assentimento livre e esclarecido - TALE e/ou o termo de consentimento livre esclarecimento – TCLE (APÊNDICE 11) junto aos estudantes, onde serão apresentados a descrição e os objetivos dessa pesquisa

4.3.3 Coleta e análise de dados

A coleta dos dados será processada durante as etapas desenvolvidas na sequência didática e para isso serão utilizados três mecanismos usados frequentemente nas pesquisas de cunho qualitativo que são o questionário, a observação participante e a vídeo-gravação.

Em relação a ferramenta questionário, Gil (2008, p.140) relata que o mesmo pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.”. Já de acordo com Parasuraman (1991), um questionário nada mais é do que um agrupamento de questões, elaboradas com a intenção de produzir dados fundamentais para que seja atingido o objetivo da proposta da pesquisa. Apesar desse autor reiterar que nem todos os projetos de pesquisa utilizam o questionário como um mecanismo na coleta de dados, o mesmo é de grande relevância nas pesquisas científicas.

A gravação foi outro mecanismo selecionado, já que os conhecimentos adquiridos nessas gravações, tornam-se indispensáveis para o estudo da pesquisa que foi desenvolvida, visto que os vídeos são capazes de apresentar detalhes do procedimento de ensino e aprendizagem. De acordo com Bauer e Gaskell (2008, p. 149) a utilização do vídeo “tem uma função óbvia de registro de dados sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador, enquanto ele se desenrola”.

Quanto a observação participante, segundo Queiroz et all (2007, p.278), a observação participante “é uma das técnicas muito utilizada pelos pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa e consiste na inserção do pesquisador no interior do grupo observado, tornando-se parte dele”. Dessa forma, é importante que o professor pesquisador procure ser o mais imparcial possível, procurando não exercer sua influência em relação aos fenômenos que serão realizados e se restringindo apenas, em fornecer informações que sejam relevantes aos estudantes desses fenômenos que serão estudados.

Os dados serão analisados durante a aplicação da Sequência Didática nos cinco encontros que compõem esta pesquisa.

No primeiro encontro a análise se dará através da realização de um questionário diagnóstico para se ter conhecimento prévio das concepções dos estudantes sobre a temática que será abordada e conteúdos correlacionados. Para utilização do critério de respostas, foram organizadas quatro modelos de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65), sendo as respostas enquadradas de acordo com os critérios adotados no quadro 4

No segundo encontro, será analisada a discussão dos questionamentos do experimento que servirão de apoio para construção do modelo. Durante esse encontro haverá gravação do debate realizado entre os estudantes e serão tiradas fotografias dos modelos criados para posteriormente serem comparados e observada a evolução desses modelos. O objetivo é de verificar se o estudante consegue estabelecer uma relação entre tensão superficial e forças intermoleculares. Para tanto, serão feitas algumas perguntas aos grupos sobre o experimento, questionamentos esses que foram colocados no quadro 6.

No terceiro encontro a análise será desenvolvida a partir das explicações dos modelos criados e expressos pelos grupos e discutidos em sala de aula, onde cada grupo terá a oportunidade de também observar os modelos dos outros grupos e dessa forma, poder defender seu modelo. A análise se dará também a partir dos relatórios escritos pelos grupos, da transcrição de partes das gravações, quando se fizer necessário e dessa forma posteriormente, poder-se-á observar a mudança do pensamento, ou seja, a evolução das ideias adquiridas no decorrer do processo de elaboração e reelaboração do modelo.

Como também, em função da atividade realizada, analisar se o aluno consegue estabelecer uma relação entre a força intermolecular com a temperatura de fusão e ebulição, bem como, com o tamanho da molécula representado pela massa, já que quanto maior a massa, maior a intensidade das interações e maior ponto de fusão e ebulição.

No quarto encontro com os modelos em mãos, mas uma vez será observada a evolução no desenvolvimento do modelo, comparando com aqueles produzidos anteriormente.

No quinto encontro a análise se dará através da realização de um questionário para avaliação da aprendizagem dos estudantes sobre conteúdo de interações intermoleculares (APÊNDICE 4). Para utilização do critério de respostas, foram organizadas quatro modelos de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65), sendo as respostas enquadradas de acordo com os critérios adotados no quadro 13

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados aqui apresentados são relativos à análise das respostas do “Questionário de Validação para o ensino de Interações Intermoleculares: Uma Ferramenta de Análise de Proposta de Ensino Fundamentado em Modelagem (EnFM)”, que teve como finalidade validar a Sequência Didática proposta para aprendizagem das Interações Intermoleculares a partir dos aspectos considerados como importantes na estruturação de atividades de ensino por modelagem (EnFM), a ser aplicada com os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio.

Devido ao momento vivenciado em função da crise sanitária e humanitária causada pela pandemia de Covid-19, ao longo do ano de 2020, as escolas mantiveram-se fechadas, parcialmente ou totalmente, impossibilitando dessa forma a aplicação da Sequência Didática de forma presencial ou remota. Nesse contexto, foi realizado convite a doze professores participantes do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI para que os mesmos respondessem ao questionário citado e, dessa forma, possibilitassem a validação da Sequência Didática e, do mesmo modo, o Produto Educacional.

No Quadro 15, foi colocado alguns dados referentes aos docentes que responderam ao Questionário de Validação (Apêndice 2), tais como: formação acadêmica, tempo de experiência de ensino e a Rede de Ensino o (a) qual faz parte. Cada docente foi nomeado com o código DX, onde X corresponde à identificação que o(a) diferencia dos demais. Para facilitar, as perguntas de 1 a 12 foram designadas de P1 a P12, respectivamente.

Quadro 15 – Dados dos docentes que responderam ao Questionário de Validação.

Docente	Formação Acadêmica	Tempo de Ensino (anos)	Rede de Ensino
D1	Licenciatura em química	29	Pública
D2	Licenciatura em química	04	Pública
D3	Licenciatura em química	16	Pública
D4	Licenciatura em química & Licenciatura em Ciências Agraria	08	Pública
D5	Licenciatura em química	06	Pública
D6	Licenciatura em química	04	Pública

D7	Licenciatura em química	12	Pública
D8	Licenciatura em Física	25	Pública
D9	Licenciatura em química	27	Pública
D10	Licenciatura em química	44	Pública
D11	Licenciatura em química	10	Particular
D12	Química	19	Pública

Fonte: própria

O Questionário de Validação foi elaborado de forma a contemplar cada encontro da SD, com certo número de perguntas. Com relação ao primeiro encontro, foram elaboradas duas perguntas. Na primeira pergunta (P1) que diz respeito ao questionário diagnóstico proposto, todos os docentes responderam que o questionário diagnóstico estava adequado à proposta da pesquisa, ou seja, era adequado para identificar as concepções prévias dos estudantes a respeito das forças intermoleculares e assuntos correlacionados, conforme descrito no Quadro 16.

Quadro 16 – Respostas dos docentes à pergunta P1.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“É possível visualizar o direcionamento das perguntas”.
D2	SIM	“Pois as perguntas estão claras e abordam o conteúdo proposto. Achei interessante também a prévia classificação das respostas, bem elaboradas e com exemplos do cotidiano
D3	SIM	“Pois, ele aborda questionamentos interessantes de ações que acontecem no cotidiano do aluno, que muitas vezes passam despercebidos por eles e os mesmos não fazem correlação destes fenômenos com os assuntos de Química”
D4	SIM	“Pelo fator de indagar elementos significativamente para o processo de construção do conhecimento”

D5	SIM	“Pois busca saber do aluno o que ele entende por estados físicos, a representação desses estados e em seguida, como o aluno faria a interação das substâncias e ainda oportuniza o que o aluno pode ter de conhecimento sobre as fórmulas das substâncias e o que ele entende por mistura de soluções e outras propriedades”
D6	SIM	“Pois, busca identificar a percepção dos estudantes dos fenômenos de uma visão macro, que pode ser justificada pelo micro”.
D7	SIM	“Possibilita verificar o conhecimento dos alunos sobre o tema”.
D8	SIM	“Pois servirá de ponte para a interpretação de outros fenômenos físicos e químicos que surgiram com os próximos conteúdos”
D9	SIM	“Faz-se necessário uma avaliação diagnóstica, pois é importante saber a homogeneidade do grupo quanto ao conhecimento que será abordado na proposta didática. Devemos sempre investigar e abordar as concepções prévias dos alunos, porque tudo está relacionado, tudo é conhecimento e, ajudará no processo ensino aprendizagem”
D10	SIM	“Pois estimula a compreensão de diversos conceitos evitando o tradicionalismo com apenas a utilização dos livros didáticos, apresentando modelos representativos prontos. Este produto educacional estimula a visualização proporcionando uma melhor compreensão de vários outros fenômenos”
D11	SIM	“Porque as perguntas feitas para esse tipo de avaliação dão uma amplitude na relação e visão que os alunos geralmente têm sobre as

		interações intermoleculares, de forma a delimitar e prover um direcionamento do senso que os alunos apresentam sobre a temática, provendo ao professor, diversas possibilidades de condução no ensino por modelagem
D12	SIM	“O pesquisador levanta questões que mexem com o imaginário dos participantes, levando-os a ativar seus conhecimentos primários em busca de formular resposta(s) explicativa(s) de cunho científico para as interações entre as espécies envolvidas em cada situação trazida”.

Fonte própria

O quadro 16 mostrou que os docentes, em sua totalidade, responderam que sim, podendo ainda ser observado nas suas justificativas, que essa concordância está associada à importância de se aplicar um questionário diagnóstico para identificar as concepções prévias dos estudantes, não só para se planejar atividades pedagógicas, mas também, auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Gil (2008, p.121), “Construir um questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas”.

Já para a segunda pergunta (P2), relacionada à dinâmica do uso do modelo “da caixa fechada” para proporcionar uma compreensão inicial de modelos e modelagem, apenas um docente respondeu negativamente, sendo quase unânime a compreensão de que esta atividade irá contribuir para que os estudantes tenham um primeiro entendimento de modelos e modelagem, como visto no quadro 17.

Quadro 17 - Respostas dos docentes à pergunta P2.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“É possível mostrar ao aluno como criar modelos”.
D2	SIM	“É uma dinâmica para que os estudantes sintam como funciona o trabalho de pesquisa no universo microscópico. Nesse momento

		pode-se falar de hipóteses, como são geradas e testadas”
D3	SIM	“Pois, ele aborda questionamentos interessantes de ações que acontecem no cotidiano do aluno, que muitas vezes passam despercebidos por eles e os mesmos não fazem correlação destes fenômenos com os assuntos de Química”
D4	NÃO	“Acredito que não, pois para isso os sujeitos devem presumidamente ter o conhecimento de modelagem”
D5	SIM	“A partir do material físico pode-se formar na mente do aluno uma ideia inicial do que está sendo tocado”
D6	SIM	“Pois, faz com que o estudante estimule o abstrato em detrimento ao concreto”
D7	SIM	“Pois, estimula o desenvolvimento de hipóteses que possam justificar as respostas dos alunos, na descoberta do objeto”
D8	SIM	“Pois, servem de auxílio na compreensão e visualização de fenômenos, aproximando o abstrato do real”.
D9	SIM	“Pois, esse tipo de experimento, permite a contextualização dos conteúdos, facilitando a compreensão científica dos alunos”.
D10	SIM	“Pois, esta atividade estimula uma grande interação entre os alunos e o professor, proporcionando um entendimento satisfatório entre seus respectivos modelos”.
D11	SIM	“Porque apresenta elementos que possibilitam a compreensão do que é um modelo e modelagem, onde através dos momentos propostos, pode-se estabelecer uma relação de

		construção fundamentada acerca da criação de uma modelagem sobre interações intermoleculares de forma bastante agregadora”.
D12	SIM	“No momento em que o pesquisador realiza o experimento, produz questionamentos e proporciona a reflexão, induz os estudantes a buscarem suas explicações e representações para a(s) situação(ões) ora apresentada(s). Em seguida, disponibiliza materiais apropriados para a elaboração de possíveis modelos explicativos”.

Fonte: própria

A proposição na SD do modelo “da caixa fechada” é instigar o estudante a imaginar o objeto que ali está presente. De acordo com Silva e Núñez (2007), ao manipular o objeto que se encontra nessa caixa, o estudante irá procurar indícios, ou seja, informações importantes para poder construir seu modelo, na tentativa de representar esse objeto. Dessa forma, o estudante começará a potencializar o que vem a ser um modelo mental.

Nessa situação, apenas o docente D4, teve um pensamento diferenciado em relação aos outros docentes, pois para ele, a dinâmica vivenciada só iria ter sentido se o estudante já tivesse algum conhecimento do que era modelagem. No entanto, para a grande maioria dos avaliadores desse processo, a dinâmica trabalhada seria benéfica e passível de fornecer subsídios para o entendimento inicial sobre modelo, permitindo dessa maneira a elaboração de um modelo mental.

A proposta da SD para o segundo encontro, foi da realização de um experimento associado ao fenômeno de interações intermoleculares, sendo incluídas três perguntas no Questionário de Validação. Assim, a terceira pergunta (P3), na sequência, foi no sentido de avaliar se a atividade didática proposta propicia aos estudantes uma maior reflexão, sobre o fenômeno interações intermoleculares, ou seja, se possibilitou experiência com o alvo (Quadro 18).

Quadro 18 – Respostas dos docentes à pergunta P3.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM/NÃO	“Coloquei as duas, pois existem dois tipos de alunos: o que tem alguma noção do assunto e o que nada sabe. Vai proporcionar a reflexão se os alunos já tiveram a noção do fenômeno interações intermoleculares, caso contrário o aluno vai ser mero executor da experiência, pois não vai associar o experimento a nenhum conhecimento prévio. Na minha opinião os alunos, que nada sabem, sobre interações intermoleculares, deveriam ter uma introdução sobre o assunto sem aprofundar”.
D2	SIM	“Pois não trouxe a resposta ou apresentou diretamente o conceito, mas realizar o experimento e questionar é uma forma eficiente de gerar reflexão sobre o fenômeno”.
D3	SIM	“Com certeza. Toda atividade que traga algo diferente da rotina do estudante acarreta numa grande reflexão e traz muita motivação ao aluno colocar a mão na massa e fazer as experiências”.
D4	SIM	“Acredito que pode sim, haja visto que é carregado por diversos elementos que acende luzes sobre o tema”.
D5	SIM	“O experimento de colocar o detergente na água e ele movimentar a agulha dentro do recipiente faz o aluno refletir de que houve algum tipo de interação entre as moléculas. Além de refletir, pode fazê-lo investigar como que se dá esta interação”.
D6	SIM	“Sim, pois, o estudante pôde observar o fenômeno que muitas vezes passa despercebido”.

D7	SIM	“As experiências foram selecionadas, permitindo a conexão com o conteúdo”.
D8	SIM	“Porque analisa fenômenos justificados pelas interações intermoleculares, tais como os pontos de fusão, ebulição, etc”.
D9	SIM	“Esse tipo de atividade sugere aos grupos criarem um modelo mental (individual) para cada grupo, a partir do experimento realizado e, a observação de cada grupo. Muito válido”.
D10	SIM	“Pois, ficou claro que as forças intermoleculares são responsáveis pela união das moléculas de uma substância sendo as mesmas sólidas, líquidas ou gasosas”.
D11	SIM	“As atividades propostas são muito bem pensadas e sem dúvidas, através dos questionários, atividade complementar, experimento e vídeo, embasa os alunos na construção da modelagem, buscando promover a participação dos mesmos e tendo como mediador, o professor”.
D12	SIM	“Muitas vezes, os estudantes observam os fenômenos, acham interessantes, mas não param para refletir sobre o que está acontecendo. Daí, a intermediação do professor ser fundamental para fazer essa conexão, propondo atividades orientadas como as que foram apresentadas aqui”.

Fonte própria

Todos os docentes responderam que sim, sendo salientada uma ressalva com relação ao docente D1, o qual assinalou tanto o sim, quanto o não, pois de acordo com o mesmo, essa proposta didática só seria válida se o estudante já possuísse alguma noção do conteúdo abordado, pois se não fosse assim, o mesmo seria apenas

um mero executor do experimento. Enquanto para os demais docentes, a importância dessa atividade experimental, irá proporcionar ao estudante uma maior reflexão do fenômeno de interações intermoleculares, já que o mesmo irá realizar esse experimento, tendo contato com o alvo.

Segundo (JUSTI; MOZZER; QUEIROZ, 2007), quando atividades experimentais são desenvolvidas, tenderá a ocorrer alguns fatores que irão beneficiar o processo de ensino aprendizagem, como o envolvimento do estudante com participação ativa no processo, facilitando dessa maneira um melhor conhecimento conceitual do fenômeno ocorrido

Em se tratando da quarta pergunta (P4), Quadro 19, foi questionado se a atividade didática proposta proporcionou elementos aos estudantes para a elaboração do modelo mental associado ao fenômeno interações intermoleculares.

Quadro 19 – Respostas dos docentes à pergunta P4

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“Vai proporcionar a elaboração do modelo mental, desde que o aluno tenha noção do fenômeno”.
D2	SIM	“Porque eles poderiam representar os elementos (átomos) e seu comportamento, que geraram as propriedades descritas”.
D3	SIM	“Sim. Os estudantes divididos em grupos conseguem discutir bem os conceitos de interações moleculares e utilizam melhor os materiais fornecidos pelo professor para a elaboração do modelo mental”.
D4	SIM	“Acredito que sim, haja vista que os elementos descritos na proposta didática favorecem o processo de estudo sobre o tema”.
D5	SIM	Fornece elementos para elaboração do modelo, mas não sei se já neste momento os alunos conseguiriam ter um modelo mais próximo ao real.

D6	NÃO	“Pois, poderia ser usado outra propriedade (densidade) para ser associado ao fato da agulha flutuar”.
D7	SIM	“Elas podem dar espaços para outras justificativas ou modelos associados a densidade dos materiais, porém está de acordo com os fenômenos das forças intermoleculares”.
D8	SIM	“Pois, ela trabalha associado a conhecimentos prévios dos alunos, então este já tem em mente a ideia sobre este fenômeno”.
D9	SIM	“Trata-se de um recurso educacional complementar, onde os alunos correlacionam da melhor forma, os tópicos a serem abordados, o vídeo contribui para a construção desse conhecimento”.
D10	SIM	“Pois, acredito que os estudantes ao pensar nas interações intermoleculares vão associar as forças de atração e repulsão entre as moléculas que compõem um determinado sistema, embora possa ocorrer uma pequena confusão entre às interações intermoleculares com às intramoleculares”.
D11	SIM	“Porque através das etapas com a intervenção do professor, possibilita e estudante a construir caminhos para modelar o fenômeno através de questionamentos, reflexão, análise e esboço”.
D12	SIM	“Por meio da realização da experimentação, do questionamento e da reflexão, o professor ativa conhecimentos prévios desses estudantes possibilitando a organização das suas ideias/conhecimentos”.

Fonte própria

A grande maioria dos docentes, ou seja, onze, responderam que sim, que a atividade proposta forneceu condições de estabelecer uma relação do fenômeno com uma representação que fosse construída por sua mente, ou seja, um modelo mental. O docente D6, foi o único que apresentou discordância na elaboração do modelo com associação ao fenômeno, justificando que o estudante poderia empregar uma outra propriedade, no caso, a densidade, para associar ao fenômeno.

Em relação a quinta pergunta (P5), Quadro 20, que indaga se houve orientação do pesquisador para a elaboração e expressão do modelo mental, dos doze docentes, sete responderam que sim e cinco responderam que não, isso quer dizer que existiram respostas bem diferentes com a concordância ou não concordância quanta à orientação do professor sobre o modelo mental.

Quadro 20 - Respostas dos docentes à pergunta P5.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	NÃO	“Na descrição da sequência didática a orientação do professor é durante o experimento e não durante a criação do modelo”.
D2	NÃO	“Acredito que não, pois o pesquisador deixou os estudantes construírem seus próprios modelos. Apenas sendo orientados quanto ao material disponível e o tempo para produzir o modelo”.
D3	SIM	“ A intervenção do professor é fundamental para orientação dos alunos sobre como eles devem construir como modelo mental”.
D4	NÃO	Não foi colocada nenhuma justificativa
D5	SIM	“O material relata que o professor estará disponível para dúvidas e no quadro que haverá um momento para discussões, então acredito que nestes momentos serão dadas as orientações”.
D6	NÃO	“Pois, o pesquisador buscou incentivar o abstrato e o senso crítico dos estudantes”.

D7	SIM	“Sim, pois o professor participa da construção dos modelos”.
D8	NÃO	“Pois, é algo intrínseco ao conhecimento do aluno, conhecimento esse prévio”.
D9	SIM	“Até porque é fundamental a presença de um pesquisador para nortear o trabalho, como por exemplo: formar os grupos, elaborar um roteiro, observar o desempenho dos grupos, promover um debate entre os grupos, etc”.
D10	SIM	“Através da diferenciação de conceitos sobre ligações químicas como sendo a base das propriedades químicas e as interações intermoleculares que influenciam as propriedades físicas da matéria”.
D11	SIM	“A orientação do pesquisador é visualizada em todos os momentos propostos de forma a levar o estudante à reflexão, ação e criação de novas possibilidades, o que torna o aluno protagonista do processo”.
D12	SIM	“Através do roteiro e das informações repassadas antes da realização do experimento”.

Fonte própria

A divergência quanto a existência de orientação ou não do professor pesquisador durante a elaboração e expressão do modelo mental construído pelos estudantes pode ser explicada pela inexperiência dos docentes com a proposta do ensino fundamentado em modelagem, que dá autonomia ao estudante, tornando-o um ser ativo e participativo do seu próprio processo de aprendizagem.

Quanto ao terceiro encontro, houve a utilização de um vídeo e foi realizado a sexta pergunta (P6), Quadro 21, que diz respeito à validação do modelo desenvolvido no encontro 2 por meio de um vídeo; se este seria apropriado para tal fim. Todos os doze docentes participantes responderam que sim, ou seja, julgaram pertinente que o

vídeo apresentado contribui para que o estudante possa avaliar o modelo por ele elaborado.

Quadro 21 – Resposta dos docentes à pergunta P6.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“Pois, está relacionado com o experimento e com o assunto”.
D2	SIM	“Porque no vídeo encontramos a explicação do fenómeno apresentado no experimento 1, que sérvio como base para que o modelo fosse desenvolvido no encontro 2”.
D3	SIM	“Através da apresentação do vídeo pelo professor, os alunos irão de fato confirmar se os modelos propostos por eles é o que realmente acontece nas interações intermoleculares”.
D4	SIM	“Os vídeos são recursos que podem provocar reflexões diversas pela interpretação dos sujeitos que o assistem, ou seja, podem promover a construção de conhecimento variados”.
D5	SIM	“Através do vídeo os alunos podem comparar se os seus modelos desenvolvidos estão próximos ao apresentado, proporciona ainda um conflito cognitivo e uma discussão em cima disso”.
D6	SIM	“Pois, permite avaliar aspectos que não foram observados inicialmente”.
D7	SIM	“Porque o vídeo permite estabelecer a relação das forças intermoleculares com a tensão superficial, validando os modelos”.
D8	SIM	“Pois, serviu para confirmação da veracidade do modelo proposto pelos estudantes, partindo da aplicabilidade da tensão superficial”.

D9	SIM	“Ele proporciona a amplitude dos questionamentos durante o encontro pelo orientador, onde cada grupo poderá defender seu modelo mental, e o vídeo terá uma boa participação nesse processo”.
D10	SIM	“Através do vídeo serão definidas as coordenadas para o desenvolvimento deste modelo”.
D11	SIM	“O vídeo é bastante aplicável à temática abordada, pois de forma interativa, ilustrativa e esclarecedora, possibilita a construção da modelagem dentro do contexto proposto”.
D12	SIM	“O vídeo, de forma dinâmica, expõe o conceito de tensão superficial. Informação fundamental que auxiliará os estudantes na solução das questões problematizadas”.

Fonte própria

O vídeo é uma tecnologia bastante aplicada como recurso didático no ensino da química, já que o mesmo é capaz de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais criativos. O vídeo também ajuda a estimular o aprendizado pela visão, que de acordo com Uttal e O’Dohert (2008), essa visualização é conceituada como uma espécie de simbolização física planejada com a intenção de tornar um conceito abstrato algo mais perceptível. Segundo Marson e Teruya (2013), a visualização tem se tornado uma temática constante para investigadores da educação em química e docentes dessa área.

Em se tratando do quarto encontro, foi respondida a sétima pergunta (P7), Quadro 22, que buscava validar se a atividade experimental e as mediações do pesquisador permitiram uma discussão ampliada entre os estudantes para a elaboração e definição de um modelo consensual, incluindo sua abrangência e limitação.

Quadro 22 – Respostas dos docentes a P7.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
-----------------	------------------	---------------------------------

D1	SIM	“Pois o aluno agora tem uma ideia melhor do que é o fenômeno interações intermoleculares e vai poder definir seu modelo”.
D2	SIM	“Pois todos os tópicos pertinentes foram abordados desde o experimento, até a construção de um primeiro modelo, o aprofundamento do conhecimento através do vídeo e discussão entre os estudantes e o docente. E depois também foram observados os tópicos abrangência e limitação”.
D3	SIM	“Com certeza. Após a atividade experimental e a mediação do professor em sala de aula, os alunos terão uma verdadeira noção sobre o tema forças intermoleculares e chegarão a um consenso sobre os modelos propostos por eles e o modelo que realmente ocorre entre as interações”.
D4	SIM	“A proposta didática pode ou não contribuir, mas é bem elaborado sendo um recurso que pode ser aplicado em sala de aula”.
D5	SIM	“Acredito que quanto mais explicações e experimentações, mais fácil se torna a compreensão do fenômeno que está sendo estudado. Desta forma, acredito que ficará mais fácil para os alunos entrarem num consenso do modelo”.
D6	SIM	“Pois, houve momento para reelaboração após o conhecimento dos fenômenos”.
D7	SIM	“A sequência foi em distribuída e está elaborada no sentido que as discussões sejam bem trabalhadas e com as intervenções do professor possibilita a construção do modelo consensual”.

D8	SIM	Sim, pois como elemento mediador após exposição do fenômeno, ele orientará a busca de um consenso do modelo, ajustando alguns erros associados a conceitos mal interpretados mentalmente
D9	SIM	“Sim, apesar de não ser tão simples chegar a um modelo consensual, por conta da individualidade de cada grupo, mas o orientador promovendo um debate construtivo e dinâmico, a tendência é chegar a um modelo consensual objetivando a construção do conhecimento”.
D10	SIM	“Sim, pois o possível envolvimento dos alunos com a criação desta estratégia de ensino será fundamental a partir das atividades de modelagem. Os estudantes, através de um consenso, irão perceber a importância dos modelos e do processo de modelagem na construção e desenvolvimento da própria ciência”.
D11	SIM	“A atividade experimental apresentada nesse momento é de suma importância para embasar os alunos de forma mais materializável, onde através do coletivo, projeta-se consensar os fenômenos, levantar hipóteses e mediar o processo de ensino e aprendizagem da forma relevante”.
D12	SIM	“Em parte foi atendido. Acredito que cada grupo de estudantes pode realizar o experimento e produzir a filmagem, organizar as informações e, posteriormente, compartilhar com os demais grupos”.

Fonte própria

De acordo com a avaliação dos docentes, a realização da segunda atividade experimental visando chegar na elaboração de um modelo de consenso, obteve uma quase unanimidade quanto a mediação e a discussão para o propósito final.

Vale ressaltar aqui a importância da experimentação para o ensino fundamentado em modelagem (EnFM), visto que os experimentos irão contribuir para uma participação mais ativa e efetiva do estudante, onde o mesmo vai construindo o seu próprio conhecimento, e nessa etapa, não foi diferente, pois possibilita que o aluno possa refletir novamente na construção de seu modelo. Em outras palavras, o experimento em questão, veio alicerçar a base conceitual construída ao longo da Sequência Didática e dessa sendo capazes de se chegar a um modelo de consenso.

O quinto encontro, proporcionou a resposta de duas perguntas, sendo que a oitava pergunta (P8), Quadro 23, tem por objetivo avaliar se o “Questionário de Avaliação de Aprendizagem” (Apêndice 4) dos estudantes foi adequado para identificar aspectos relacionados às interações intermoleculares.

Quadro 23 – Respostas dos docentes à pergunta P8.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“As perguntas estão dentro do assunto interações intermoleculares”.
D2	SIM	“Pois, atendeu ao conteúdo abordado e conseguiu contextualizar, apresentando exemplos do dia a dia”.
D3	SIM	“Após 8 aulas, o professor terá condições de avaliar o aprendizado dos estudantes acerca do tema interações intermoleculares através de um questionário. Através deste, o professor terá a real noção do aprendizado dos alunos e se o experimento deu certo”.
D4	NÃO	“Acredito que poderia ser mais incisivo”.
D5	SIM	“Todas as perguntas abordadas são direcionadas para identificar e compreender as interações intermoleculares”.

D6	SIM	“Pois, abrange os fatores fundamentais do fenômeno”.
D7	SIM	“Pois, está de acordo com os conteúdos trabalhados nas aulas”.
D8	SIM	“Pois são fenômenos justificados pelas interações intermoleculares, dando subsídio para o professor analisar o avanço dos alunos no entendimento do conteúdo”.
D9	SIM	“Mas, devemos destacar a relevância principalmente do experimento e a atividade didática em sala de aula, porém o questionário não deixa de ter a sua pertinência e importância no processo”.
D10	SIM	“Com as quatro questões utilizadas com seus respectivos objetivos e critérios de análise, teremos uma visão global envolvendo os aspectos relevantes relacionados com as interações intermoleculares”.
D11	SIM	“O questionário avaliativo é bastante pertinente à sequência proposta, tendo em vista que relaciona todas as etapas de forma interdependente e mostrando a importância processual das situações de aprendizagem”.
D12	SIM	“Todas as questões devem ser explicadas por meio das forças de interação das moléculas que compõem os líquidos”.

Fonte própria

De acordo com a análise realizada pelos docentes, onze deles responderam que houve adequação do questionário aplicado com o conteúdo desenvolvido durante essa pesquisa, excetuando-se o docente D4, que teve uma visão diferente. De acordo com sua convicção, o mesmo acredita que o questionário deveria ser mais incisivo.

Em relação a ferramenta questionário, Gil (2008, p.140) relata que o mesmo pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de

questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.". Já de acordo com Parasuraman (1991), um questionário nada mais é do que um agrupamento de questões, elaboradas com a intenção de produzir dados fundamentais para que seja atingido o objetivo da proposta da pesquisa. O questionário de avaliação é um procedimento de fundamental importância para analisar se os objetivos do conteúdo trabalhado, foram atingidos.

Na nona pergunta (P9), Quadro 24, buscou-se validar se o Questionário de Avaliação da Metodologia Aplicada (Apêndice 5) possibilita responder à pergunta: "O EnFM pode contribuir para o aprendizado de interações intermoleculares?".

Quadro 24 – Respostas dos docentes à pergunta P9.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	"As perguntas do questionário foram diretas"
D2	SIM	"Pois além de perguntar se o estudante conhecia a ferramenta de modelagem (EnFM) ele ressalta como esta contribui para o aprendizado das interações intermoleculares".
D3	SIM	"Claro que sim. O ensino através da modelagem é capaz de aprofundar o conhecimento dos estudantes acerca desse tema que é tão complicado de apresentar para os estudantes do 1º ano do ensino médio".
D4	SIM	Não foi respondido pelo docente
D5	SIM	"Todas as perguntas abordadas são direcionadas para identificar e compreender as interações intermoleculares".
D6	SIM	"Pois, além de avaliar pede exemplos de como ela motivou, para a confirmação das afirmações dos estudantes".

D7	SIM	“Contribui e facilita com o ensino das interações intermoleculares”.
D8	SIM	“Pois, dá um parâmetro do entendimento do aluno sobre o ensino das forças moleculares bem como do real aprendizado”.
D9	NÃO	“Acredito que o experimento, a aula prática com recursos didáticos adequados, debates em grupos, etc., esses elementos sim, podem ajudar a responder a esta pergunta”.
D10	SIM	“Pelas indagações feitas, o aluno fica instigado a desenvolver o aprendizado, aumentando à curiosidade sobre o conhecimento das interações intermoleculares, relacionadas com as propriedades físicas dos materiais”.
D11	SIM	“De uma forma geral, interações intermoleculares representa uma dificuldade de entendimento pelos estudantes por ser relativamente subjetiva. Com a proposta didática apresentada, poder possibilitar ao aluno, externar essa subjetividade e concretizá-la em forma de modelagem, é fantástico”.
D12	SIM	“Uma vez que fornece as visões dos participantes, pode auxiliar o pesquisador no aprimoramento de trabalhos futuros”.

Fonte própria

De acordo com os docentes esse questionário contempla a metodologia aplicada, ou seja, está em consonância com o ensino fundamentado em modelagem (EnFM) desenvolvido por Justi (2010), considerando a participação ativa dos estudantes na elaboração dos seus modelos e no envolvimento de atividades de modelagem a partir da sequência didática conduzida pelo professor pesquisador. Apenas o docente D9 discorda desse tipo de metodologia, pois acredita que só com as aulas práticas, experimentos e debate em grupo é que são capazes de contribuir no aprendizado do estudante em relação ao conteúdo de interações intermoleculares.

Ao final do Questionário de Validação, foram suscitadas ainda três perguntas. A décima pergunta (P10), Quadro 25, buscou saber se o desenvolvimento da Sequência Didática contemplou o processo de modelagem associada à temática de interações intermoleculares. Todos os docentes responderam que sim, que o desenvolvimento da Sequência Didática, atingiu o que era pretendido com sua aplicação.

Quadro 25 – Respostas dos docentes à pergunta P10.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“Todos os encontros da sequência didática levaram a modelagem”
D2	SIM	“Acredito que os estudantes conseguiram realizar as devidas associações entre a temática e as interações intermoleculares”.
D3	SIM	“A sequência didática foi bem conduzida nesse modelo, contemplou o conhecimento prévio dos estudantes com relação ao conteúdo de forças intermoleculares, através da modelagem desses conceitos, relacionando-os com as ligações químicas, polaridades das moléculas, tensão superficial, densidade, solubilidade dentre outros. Finalizando com um questionário sobre a aprendizagem dos estudantes sobre o tema proposto, forças intermoleculares”.
D4	SIM	“Abordam processos que contemplam de interações intermoleculares”.
D5	SIM	“Atendeu aos objetivos de associar o tema com as modelagens”.
D6	SIM	“Pois, estão explícitos esses momentos na sequência”
D7	SIM	“Ficou bem estruturada com os conteúdos do tema proposto”.

D8	SIM	“Pois, ele norteou a forma adequada da aplicabilidade dos conceitos associados a dinâmicas diferenciadas de aula, propiciando uma melhor e mais afetiva participação dos alunos”.
D9	SIM	“Porque ele se utiliza de vários elementos que são essenciais ao processo de construção de ensino-aprendizagem. Vale a pena!”
D10	SIM	” Foi plenamente contemplado pela junção de seus cinco encontros”.
D11	SIM	“As etapas da sequência didática foram bem formatadas e planejadas de tal forma, que sem os elementos de busca, análise e reflexão presentes no contexto geral, procura possibilitar ao aluno, a elaboração da modelagem sobre interações intermoleculares, isso enfatiza a importância e relevância no processo de ensino e aprendizagem da presente sequência didática”.
D12	SIM	“Diversas atividades (vídeos, aula expositiva, experimento, questionário) estão disponíveis na sequência didática que permitem a construção de modelagem relacionadas ao conteúdo de interações intermoleculares”.

Fonte própria

Segundo Kobashigawa et al (2008, p.214) uma Sequência Didática é “o conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas que objetivam o entendimento sobre certo conteúdo ou tema de ciências”. Já no entendimento de Zabala (1998, p.18), a Sequência Didática é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelo professor como pelos alunos”.

A importância da Sequência Didática é que ao final pode-se avaliar a eficiência de sua aplicação quanto a aprendizagem dos conceitos inerentes ao conteúdo abordado.

Com relação à décima primeira pergunta (P11), Quadro 26, foi perguntado se durante a Sequência Didática o professor apresenta a preocupação com o envolvimento e estímulo do estudante, destacando-o como um ser ativo e participativo no processo de aprendizagem. Nesse quesito, a grande maioria (onze) das respostas foram “sim” concordando, portanto, que houve indícios da preocupação do professor em estimular o estudante.

Quadro 26 – Respostas dos docentes à pergunta P11.

DOCENTES	RESPOSTAS	COMENTÁRIOS DOS DOCENTES
D1	SIM	“As experiências e as discussões em grupo levaram o aluno a ser participativo e questionar”.
D2	SIM	“Ao permitir que o estudante desenvolva seu modelo, ao levantar a reflexão sobre os experimentos realizados. E, principalmente, ao permitir que o estudante construa e reconstrua o saber até apresentar a teoria do conteúdo, no formato de consolidar o conhecimento desenvolvido ao longo da sequência didática”.
D3	SIM	“Em todo momento o professor destaca a importância do estudante no experimento. O estudante é o ser ativo desse processo de aprendizagem e todo experimento tem como objetivo estimular o aluno e torná-lo protagonista no desenvolvimento dessas novas concepções”.
D4	NÃO	“Difícil quantificar o estímulo por não haver atividade em ação, apenas o planejamento”
D5	SIM	“Coloca o aluno como participante do seu processo de aprendizagem”.

D6	SIM	“As atividades foram voltadas para o desenvolvimento participativo do estudante”.
D7	SIM	“Observo esta preocupação em todos os momentos da sequência e nas atividades propostas”.
D8	SIM	“Pois, dá liberdade para ele propor soluções através dos modelos pré conteudistas e da discussão em sala na formação de um conceito com consenso e efetiva participação de todos”
D9	SIM	“O professor tem um papel fundamental nesse processo, além de mediador, orientador, questionador, interventor, observador, etc, ele terá o total controle da situação para que o objetivo seja atingido”.
D10	SIM	“Observei que um dos propósitos do professor pesquisador tinha como foco o envolvimento e o estímulo do estudante, tornando-o um aluno bastante participativo durante o processo de ensino-aprendizagem”.
D11	SIM	“A preocupação do pesquisador quanto ao envolvimento, incentivo e estímulo ao estudante, é percebida desde o primeiro momento com o levantamento das concepções prévias até o último momento da sequência didática. A preocupação do pesquisador com a interação, participação dos alunos pela busca, é evidente em todas as etapas e isso enriquece bastante a proposta dentro do contexto requerido
D12	SIM	“Como mencionado anteriormente, destaco que o pesquisador pode proporcionar a realização dos experimentos pelos próprios alunos,

		bastando a aquele o papel de expectador/orientador das ações”.
--	--	--

Fonte própria

De acordo com as respostas dos docentes, foi observado que a metodologia adotada irá estimular naturalmente o estudante pelo seu envolvimento durante todo o processo, já que existirão atividades que serão realizadas, tais como: experimentos, construção de modelos, trabalho em grupos e sendo o professor o mediador dessa prática, procurando sempre fazer com que os estudantes possam interagir entre si ou com o próprio professor. Apenas o docente D4 teve uma visão diferente dos demais, pois o mesmo acredita que quando o processo não é vivenciado e só existe planejamento sem ocorrência de atividades, isso poderia promover uma dificuldade na quantificação do estímulo.

A utilização do uso da modelagem é um caminho que dará oportunidade ao estudante pensar, manusear, utilizar, construir, reformular e validar modelos para explicar fenômenos e resolver problemas. Esta forma de abordagem poderá ser trabalhada em diferentes unidades temáticas no ensino das Ciências, dando a oportunidade de se ter um melhor entendimento científico, ao estabelecer uma ligação através dos símbolos entre o estudante e os conteúdos e conceitos (AMADOR et al, 2018), desta forma o processo de aprendizagem tornar-se-á mais significativa, interdisciplinar, motivacional e mais próximo do dia a dia e da realidade do estudante, tornando-o um ser ativo e participativo de todo o processo.

A décima segunda, e última pergunta (P12), Quadro 27, solicitava que o(a) docente deixasse sua impressão sobre a proposta didática apresentada, assim como seus comentários e/ou sugestões.). Devido a essa pergunta ser aberta e as respostas serem bem pessoais, foram colocados todos os comentários e sugestões dos docentes referentes à proposta didática apresentada.

Quadro 27– Comentários e/ou sugestões dos docentes avaliadores à questão P12.

COMENTÁRIOS E/OU SUGESTÕES DOS DOCENTES AVALIADORES
D1: “Como já havia citado, existem 2 tipos de alunos, o que tem alguma noção do assunto e o que nada sabe. A sequência didática está levando em consideração que existe uma quantidade razoável de alunos com alguma noção do assunto e que podem interagir com os outros que nada sabem, mas a realidade pode ser diferente.

<p>A quantidade de alunos que nada sabem pode ser bem superior ao dos alunos com alguma noção do assunto e não haver esta interação.</p> <p>Se um professor aplica o questionário de concepção prévia e identificar que todos os alunos daquela turma não têm nenhuma noção de interação intermolecular, a sequência didática vai falhar nos encontros 1 e 2, no sentido da aprendizagem, pois os alunos serão meros executores de tarefas e não terão nenhuma noção do que estão fazendo”.</p>
<p>D2: “A proposta atende os requisitos de uma metodologia ativa, onde o estudante é protagonista do seu aprendizado. Ela garante, também, a ressignificação de saberes e o desenvolvimento do conhecimento a partir do conhecimento empírico. E contribui para que o estudante compreenda a definição, construção e aplicação de modelos nas ciências”.</p>
<p>D3: “Gostei muito do trabalho, foi bem explicado a sequência das execuções dos trabalhos em sala de aula pelos estudantes. Da forma que foi exposto está bem feito, não acrescentaria nenhuma sugestão de melhoria”.</p>
<p>D4: “Não foi feito nenhum comentário e nem dada nenhuma sugestão”.</p>
<p>D5: “A sequência foi muito bem elaborada, buscando contemplar o conteúdo, mas sempre trazendo o aluno como protagonista do seu conhecimento. As atividades buscaram fazer com que os alunos participassem, questionassem, criassem conflitos cognitivos sobre o que eles tinham de conhecimento prévio e o que ele adquiriu de conhecimento científico, podendo inclusive, superar seus conhecimentos prévios”.</p>
<p>D6: “Parabéns pelo material, pois, traz um conteúdo altamente abstrato para uma realidade observável (dos fenômenos). Vale ressaltar que os experimentos estão de acordo com a realidade da educação básica, pois, traz material de fácil acesso”.</p>
<p>D7: “A sequência foi bem elaborada e feita de maneira a estimular a participação dos alunos, facilitando a aplicação dos conteúdos. Com certeza utilizarei no meu planejamento”.</p>
<p>D8: “Muito boa a proposta didática, pois une parâmetros essenciais a um ensino dinâmico, atrativo e de formação conteudista de forma adequada, onde coloca o professor na forma primeiro de observador da realidade do aluno, na posição de norte, partindo da explanação dos conteúdos e na posição de mediador, quando discute e norteia a concretização do conteúdo abordado em sala de aula”.</p>

D9: “Acho que esta proposta didática ela é imprescindível, ao ensino de química, pois ela tem como objetivo facilitar a compreensão dos alunos nessa disciplina”.

D10: “A proposta didática apresentou uma situação perfeita para atingir um pleno êxito, isto é:

- a) Apresentação da proposta aos alunos;
- b) Definição dos objetivos;
- c) Definição da sequência;

Produção final”.

D11: “Gostei bastante da sequência didática apresentada. O ensino fundamentado em modelagem é algo que sempre tive curiosidade em saber como se fundamenta e se desenvolve. E poder conhecer o presente produto educacional, fez com que eu aprendesse o teor e percebesse a riqueza deste instrumento pedagógico que vislumbra facilitar o processo de ensino e aprendizagem. O pesquisador está de parabéns pelo cuidado, clareza, planejamento e fundamentação da presente sequência didática”.

D12: “Gostaria de parabenizar o pesquisador pelo trabalho aqui desenvolvido. Aprendi outros conceitos que, com certeza, auxiliarão em minha prática pedagógica. O roteiro, as práticas e os questionários estão alinhados e bem conduzidos. Como sugestão: colocar imagens que possam ilustrar os procedimentos apresentados na sequência didática. Acredito que vai valorizar seu trabalho”.

Fonte própria.

Por fim, de acordo com os docentes avaliadores, e de seus comentários, foi observado que o desenvolvimento da Sequência Didática foi satisfatório, considerando que ao estudante é possibilitada autonomia durante seu processo de aprendizagem, promovendo-o a um ser ativo, dinâmico e participativo no decorrer de todas as etapas evidenciadas nessa sequência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação teve por objetivo analisar as potencialidades e limitações de uma sequência didática baseada no ensino fundamentado em modelagem para abordar Interações Intermoleculares na 1ª série do ensino médio.

Durante o processo, os objetivos específicos e a metodologia da pesquisa foram adaptados, devido ao momento da pandemia do Covid-19, que acarretou na suspensão das aulas presenciais. Dessa maneira, houve a necessidade de redirecionar os sujeitos da pesquisa, já que não seria possível aplicar a Sequência Didática com os estudantes, que era a nossa ideia inicial, então, para isso, foram convidados doze professores de Química da rede municipal, estadual, federal e particular, com a intenção de validar essa a sequência didática proposta, por meio de um questionário.

Em relação ao objetivo específico: Elaborar uma Sequência Didática baseada no Ensino Fundamentado em Modelagem para abordar interações intermoleculares na 1ª Série do Ensino Médio, escolhemos por realizar uma intervenção didática, baseada no ensino fundamentado em modelagem, proposto por Justi (2010), já que esse tipo de metodologia pode oferecer ao estudante uma oportunidade de ter uma aprendizagem mais ativa e participativa com o engajamento do mesmo durante todo processo.

No tocante ao objetivo: Analisar a contribuição de uma sequência didática baseada no uso de modelagem para abordar interações intermoleculares na 1ª série do Ensino Médio, os/as docentes avaliadores dessa SD em suas respostas ao questionário de validação sinalizaram que os estudantes poderiam conseguir fazer as devidas associações entre a modelagem e as interações intermoleculares, bem como a condução do processo da sequência didática em todas suas etapas foram bem planejadas e aplicadas de forma coerente durante todo processo. O resultado foi bastante significativo, o que despertou nos/nas docentes a intenção em utilizá-lo em sala de aula.

Quanto a avaliação do uso de modelagem para ensinar interações intermoleculares, os/as docentes referendaram a sua aplicação, por ser uma intervenção desafiadora em que o/a estudante se torna o protagonista de sua própria aprendizagem. Foi observado pelos/pelas docentes a preocupação constante do/a professor/a em despertar não só o interesse em compreender o conteúdo de

interações intermoleculares e dessa forma descrever conceitos com mais coerência e criticidade (GOMES et al, 2016), como também promover interações pessoais e sociais previstas de se estabelecerem entre os/as estudantes e também entre estudante e professor.

A partir dos dados discutidos em nossa pesquisa, foi elaborado o Produto Educacional que consiste em uma Sequência Didática que tem por finalidade propor uma intervenção didática utilizando modelos para contribuir no processo de desenvolvimento da aprendizagem do conhecimento do conteúdo de interações intermoleculares para a 1ª Série do Ensino Médio.

O Produto Educacional poderá contribuir para que os/as professores/as possam utilizar o ensino por modelagem em sua prática profissional. O material e processo elaborados possibilitam a utilização dessa perspectiva de ensino nas três séries do Ensino Médio, em diferentes conteúdos que estão relacionados ao ensino de química, tais como modelos moleculares, equilíbrio químico, reações químicas, orgânica, dentre outros.

Como expectativa futura, temos a intenção de aplicar a sequência didática aqui estruturada, em uma escola pública ou particular do Ensino Médio, assim que extinguida a pandemia da Covid-19, ou quando as escolas retornarem as suas atividades rotineiras, com o intuito de podermos validar na prática, a sequência didática que foi aplicada e validada pelos docentes participantes, fazendo uso do produto educacional.

REFERÊNCIAS

- AMADOR, N. L. et al. Estratégia didática: utilizando a modelagem para facilitar o ensino e aprendizagem da temática terra e universo. **ACTIO**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 26-42, set./dez. 2018.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**: 5ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2012.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- BARBOZA, L. M. V.; CHAVES, S. M.; SANTINI, T. **Estratégia de Ensino e Aprendizagem em Química: Dimensão Histórica da Disciplina de Química**. /EDUCERE, Curitiba, 2013.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.01, n.01, p.66-92, jan-jun, 1999.
- BRAIBANTE, M. E. L.; Miranda, A. C. G.; PAZINATO, M. S. **Concepções alternativas sobre forças intermoleculares: um estudo a partir das publicações da área de ensino**. X Congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Sevilla 5-8 de septiembre de 2017, 1807-1812.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base nacional comum curricular - Educação é a base**. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.
- BUENO, S. G.; CARVALHO, A. S. de; SILVA, A. F. A. da. **Concepções dos estudantes sobre o conceito de ligação química**. VII ENPEC (Ensino Nacional de Pesquisa em Educação e Ciência). Florianópolis 08/11/2009.
- CALDAS, F. R. R. et al. Construção de um Modelo Molecular: Uma Abordagem Interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, 7 (3), 849-863, 2015.
- COOPER, M. M., WILLIAMS, L. C. UNDERWOOD, S. M. (2015). Student Understanding of Intermolecular Forces: **A Multimodal Study**. **Journal of Chemical Education**, 92(4), 1288-1298.
- CRUZ, C. P. S. C. Modelos moleculares: construção e utilização no ensino de ligação covalente e estrutura molecular. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor pde**. v. 1, Paraná, 2013.
- DE FARIAS, R. C. C. **Construção de modelos moleculares para o ensino da química utilizando bolinhas de isopor na representação tridimensional das cadeias carbônicas**. Campina Grande/PB, 2015.

DE SOUZA, K. R. A. P. **Elaboração e aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino aprendizagem de isomeria.** Niterói/RJ, 2015.

DUARTE, F.G. et al. **A importância da visualização no ensino de estruturas cristalinas na disciplina de química inorgânica básica.** 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química, Teresina/PI, de 28 a 30 de Julho de 2013.

DUARTE, H. A. Ligações Químicas: Ligação Iônica, Covalente e Metálica. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, nº 4, Maio, 2001.

ECHEVERRÍA, A., SOARES, M. H. F. B. Um núcleo de pesquisa em ensino de ciências (NUPEC) e a mudança nos parâmetros da formação inicial e continuada de professores. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (Org.). **Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil.** Ijuí: Unijuí, 2007.

ESTEVAM, I. H. S. et al. Construção e emprego de modelos do tipo bola e imã para visualização tridimensional de estruturas moleculares em sala de aula. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 7381-7392, jun. 2019.

FARIAS, A. J.; POSSEBON, R. C. V.; PUCHOLOBEK, G. **Modelagem no Ensino de Química e Perspectivas dentro do Estágio Supervisionado.** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova na Escola**, nº 24, novembro, 2006.

FERREIRA, P. e JUSTI, R. Modelagem e o fazer ciência. **Química nova na escola**, nº 28, Maio, 2008.

FERREIRA, M. **Modelos de ligações químicas: explicação das propriedades físicas das substâncias.** Porto Alegre, 1998.

FILHO, P. F. S. Livro: **Estrutura atômica & Ligação química.** Campinas – UNICAMP - 1999-218.

FILHO, J. R. F. et al. **Diferentes estratégias de ensino utilizadas em cursos de graduação.** XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Curitiba/PR.

FILHO, J. R. C.; SILVA, T. S.; DE SOUZA, J. J. N. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química. **Experiências em Ensino de Ciências** V.12, No.2, 2017.

FILHO, O. S.; PRANDI, J. F.; SÁ, M.B.Z. **Opções de Professores de Química por estratégias de ensino: a crença na eficácia.** XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

GALAGOVSKY, L., BEKERMAN, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 8(3), 952-975.

GILBERT, J.K. e BOULTER, C.J. Stretching models too far. **Annual Meeting of the American Educational Research Association**. Anais... San Francisco, 1995.

GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, p. 115-130, 2004.

GOMES, P. W. P.; MODESTO, J. S.; GOMES, P. W. P.; SOUZA, R. F.; MARTINSJUNIOR, A. S. O uso da modelagem representacional do sistema digestório e respiratório no ensino de ciências como ferramenta pedagógica: perspectiva para uma aprendizagem significativa no ensino fundamental. **Scientia Plena**, São Paulo, v. 12, n. 6, 2016.

JUSTI, R. S. **Ensino de Química em foco**. Modelos e modelagem no ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos, cap. 08, p 209-227, 2010.

JUSTI, R. **La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos**. Enseñanza de las Ciencias, 2, 2006, p.173-184.

JUSTI, R. **Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências**. Revista Ensaio. Belo Horizonte | v.17 n.especial | p. 31-48 | novembro de 2015.

JUSTI, R.S.; MENDONÇA, P.C.C. **Construção de modelos no ensino de ligação iônica**. V Encontro nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Jan, 2005.

JUSTI, R. S. e GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case "of atom". **Internacional Journal Science Education**, London, v. 22, n. 9, 993-1009, 2000.

LIMA, J. O. G. de. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, Nº 136, setembro de 2012.

MARSON, G. A.; TERUYA, L. C. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais **Química Nova**, Vol. 36, No. 4, 561-569, 2013.

MIRANDA, A. C. G. **Transição progressiva dos modelos explicativos de estudantes do nível médio sobre forças intermoleculares**. Santa Maria, RS, 2018.

MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P.; Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? **Química Nova**, 17(2), 1994.

POZO, J.I.; CRESPO, M.G.A. **A solução de problemas nas ciências da natureza**. In: POZO, J.I. A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: ArtMed, p. 67-98, 1998.

REINER, M.; NAKHLEH, M. (eds). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**, Springer, 2008.

ROCHA, J.S.; VASCONCELOS, T.C. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões**. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ). Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

ROMANELLI, L. I. **Aprendendo Química**. Ed. UNIJUÍ, Ijuí- RS, 1998, 231p.

SCHMIDT, W. **Modelagem matemática: Um estudo das relações entre a geometria e geometrias moleculares**. Santa Maria/RS, 2011.

SCHMIDT, H. J., KAUFMANN, B., TREAGUST, D. F., Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. **Chemistry Education Research and Practice**. N.10, p.265-272, 2009.

SIRHAN, G. Learning difficulties in chemistry: an overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, p. 2-20, set.2007.

SMITH, K. C., NAKHLE, M. B. University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. **Chemistry Education Research and Practice**. V. 12, n.2, p. 398-408, 2011.

UTTAL, D. H.; O' DOHERTY, K.. **Comprehending and learning from 'Visualizations': A developmental perspective**. In J. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 53-72). Dordrecht: Springer, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE 1– ROTEIRO DO EXPERIMENTO 1: POR QUÊ A AGULHA FLUTUA SOBRE A ÁGUA?

MATERIAL

1. Béquero de 400 ml (ou um recipiente de vidro com a boca larga. Ex: xícara ou copo).
2. Garrafas plásticas de 500 ml cheia com água da torneira.
3. Agulha de aço (ou um alfinete ou clips ou lâmina de barbear).
4. Conta gotas.
5. Uma pinça.
6. Papel toalha ou guardanapo.
7. Celular com câmera ou máquina fotográfica.

PROCEDIMENTO

1. Encha o béquer com água de torneira que se encontram nas garrafas plásticas de 500 ml.
2. Em seguida, com a pinça prenda a agulha pelo meio.
3. Tente colocar a agulha cuidadosamente sobre a água que se encontra no béquer até que a mesma fique boiando.
4. Pegue o conta gotas, coloque detergente em seu interior e posteriormente pingue duas gotas sobre a água onde se encontra a agulha.
5. Um dos membros da equipe deverá ficar responsável para tirar fotografias e outro para realizar a gravação do experimento. É interessante que haja um revezamento entre os membros do grupo.

Obs1: É muito difícil se conseguir na primeira tentativa que a agulha se equilibre e flutue na água, por isso tente outras vezes quando ocorrer da agulha afundar, sem esquecer de enxugá-la antes da próxima tentativa.

Obs2: Procure evitar de bater na mesa onde se encontra o béquer para não provocar a agitação da água.

Obs3: Ao final do experimento todas anotações individuais dos grupos deverão ser entregues ao professor e um relatório deverá ser entregue no próximo encontro.

Roteiro original disponível em: <http://cienciaemcasa.cienciviva.pt/agulha.html>

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO 2: LEITE PSICODÉLICO

MATERIAL UTILIZADO:

1. Um prato.
2. Leite integral.
3. Corante alimentício de diversas cores (verde, amarelo, vermelho, azul, entre outros)
4. Detergente caseiro.

PROCEDIMENTO

1. Coloque o leite no prato.
2. Em seguida adicione ao leite algumas gotas dos corantes alimentícios de cores variadas.
3. Coloque uma ou duas gotas de detergente caseiro no leite com corante e observe o efeito que será produzido. Continue a adicionar mais gotas do detergente em diversas partes do leite.

Roteiro original disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/experimento-leite-psicodelico.htm>

**APÊNDICE 3 – PERGUNTAS E RESPOSTAS AOS
QUESTIONAMENTOS ORIENTATIVOS DA ATIVIDADE
COMPLEMENTAR**

01. Observando a tabela, qual dessas substâncias apresenta maior ponto de fusão e ebulição. Você saberia explicar porque isso ocorre?

R – A água. Devido a ligação de hidrogênio.

02. Entre o sulfeto de hidrogênio (H_2S), o seleneto de hidrogênio (H_2Se) e o telureto de hidrogênio (H_2Te), qual deles tem maior ponto de ebulição?

R - Telureto de hidrogênio (H_2Te)

03. Justifique o porquê da sua resposta na segunda pergunta?

R – Apesar da interação ser do mesmo tipo, o H_2Te por ter maior massa terá uma maior força de atração.

04. Existe alguma relação entre o ponto de ebulição e as interações existentes nas substâncias presentes nesse quadro? Sim ou não? Justifique?

R – Sim. A força de atração na existente na molécula da água (ligação de hidrogênio) é maior que das demais substâncias (Dipolo permanente)

**APÊNDICE 4– PERGUNTAS E RESPOSTAS AOS
QUESTIONAMENTOS SOBRE O EXPERIMENTO DO LEITE
PSICODÉLICO**

01. Pergunta: Existe alguma relação desse experimento com aquele realizado no segundo encontro? Sim ou não? Se sim, qual?

R – Sim. O corante não se mistura ao leite devido a tensão superficial do mesmo, no entanto, quando adicionado o detergente ocorrerá a diminuição das forças que atraem a gordura do leite.

02. Qual o papel do detergente nesse experimento?

R – Quebrar a tensão superficial do leite.

03. Essa ação do detergente pode ser entendida no processo de retirada da gordura das louças, sim ou não? Por quê?

R – Sim. O detergente é capaz de interagir tanto com a gordura como com a água, visto que o mesmo possui uma parte apolar e uma polar em sua estrutura.

APÊNDICE 5- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título do projeto: _____

Pesquisador responsável: _____

Instituição: _____

Telefones para contato: _____

E-mail: _____

Nome do voluntário: _____

Idade: ____ anos R.G. _____

Responsável legal (quando for o caso): _____ R.G.

Responsável legal: _____

O Sr. (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada Sequência didática baseada em modelagem para abordar o conteúdo de interações intermoleculares na 1ª série do ensino médio, de responsabilidade do pesquisador Artur Silveira Botelho, que tem como objetivo principal desenvolver nos alunos a compreensão das interações intermoleculares, utilizando o recurso didático o ensino fundamentado em modelagem Este é um estudo baseado em uma abordagem qualitativa e participativa, que envolverá observação de atividades, aplicação de questionários no início e final, e não oferece nenhum risco aos participantes.

Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada. Os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados apenas em produções científicas. Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você poderá recusar-se a responder qualquer pergunta ou poderá desistir de participar da pesquisa, e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar atividades didáticas planejadas em um material didático nominado de Sequência Didática (SD) e responder perguntas de um questionário e/ou sob a forma de entrevista, que poderá ser gravada em áudio para posterior transcrição, e suas respostas serão guardadas por até cinco anos e incineradas após esse período.

O Sr. (a) não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras. O benefício relacionado à sua participação será o aumento do conhecimento científico para a área de ensino de ciências.

O Sr. (a) receberá uma cópia deste termo no qual constam os dados de identificação do pesquisador responsável, podendo tirar as suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Desde já agradeço!

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter ciência deste termo e concordo em participar como voluntário do projeto de pesquisa acima descrito.

ou

Eu, _____, RG nº _____, responsável legal por _____, RG nº _____ declaro ter ciência deste termo e concordo com a sua participação como voluntário no projeto de pesquisa acima descrito.

Recife, _____

 Sujeito da pesquisa ou responsável legal

 Pesquisador responsável

APÊNDICE 6 – CARTA CONVITE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL



CARTA CONVITE

27 de abril de 2021

Prezado(a) Professor(a),

Venho solicitar a compreensão e colaboração do(a) colega professor(a) participante do PROFQUI para que responda ao **Questionário de Validação para o ensino de Interações Intermoleculares: Uma Ferramenta de Análise de Proposta de Ensino Fundamentado em Modelagem (EnFM)**, elaborado em função do produto educacional construído a partir da proposição do meu tema de pesquisa de mestrado neste programa de pós-graduação, a fim de que seja possível validar esta proposta.

A validação do Produto Educacional faz parte de um dos requisitos para alcançar a titulação de Mestre em Química no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI. Entretanto, diante do atual contexto da suspensão das aulas no Estado de Pernambuco em função da crise sanitária e humanitária causada pela pandemia de Covid-19, não será possível a aplicação da Sequência Didática proposta no meu projeto de pesquisa, que estava prevista com os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio na escola onde sou professor.

Na esperança de receber a sua avaliação até o dia **30 de abril de 2021**, agradeço-lhe imensamente por poder contribuir com o seu conhecimento e, dessa maneira, enriquecer ainda mais para a análise dessa proposta, por meio da validação entre pares.

Fico à disposição para quaisquer outras dúvidas.

Atenciosamente,

Mestrando: **Artur Botelho** Orientadora: **Ivoneide Barros** Coorientadora: **Analice Lim**

APÊNDICE 7 – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
PERNAMBUCO
MESTRADO PROFSSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL



Prezado(a) Professor(a)

Um requisito para alcançar a titulação de Mestre em Química do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI é a elaboração de um produto educacional. Entretanto, diante do atual contexto da suspensão das aulas no Estado de Pernambuco em função da crise sanitária e humanitária causada pela pandemia de Covid-19 e, não será possível a aplicação da Sequência Didática proposta no meu projeto de pesquisa de mestrado pelo Profqui/UFRPE, que estava prevista com os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio na escola onde sou professor.

Dessa forma, venho solicitar a compreensão e colaboração dos colegas professores participantes do PROFQUI para que respondam ao *Questionário de Validação para o ensino de Interações Intermoleculares: Uma Ferramenta de Análise de Proposta de Ensino Fundamentado em Modelagem (EnFM)*, elaborado em função do produto educacional elaborado a partir da proposição do meu tema de pesquisa, a fim de que seja possível validar a proposta aqui estabelecida para aplicação desta Sequência Didática. Agradeço a todos aqueles que puderem contribuir com o seu conhecimento e dessa maneira, enriquecer ainda mais para a análise dessa proposta, por meio da validação entre pares.

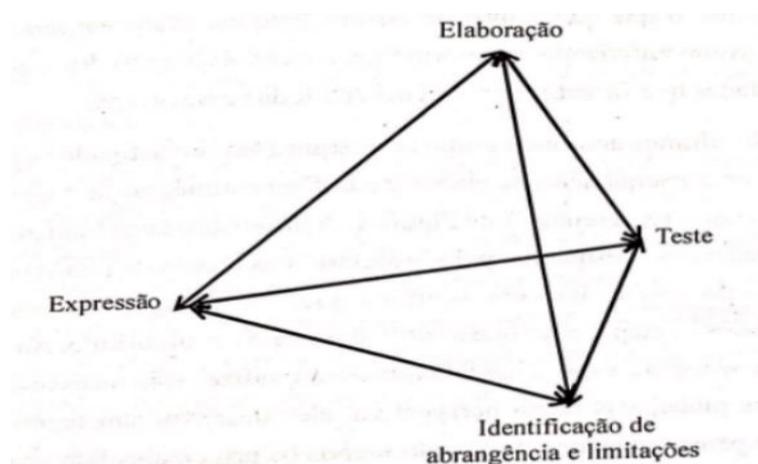
Questionário de Validação para o ensino de Interações Intermoleculares: Uma Ferramenta de Análise de Proposta de Ensino Fundamentado em Modelagem (EnFM)

O Ensino fundamentado em modelagem (EnFM) busca inserir em sala de aula a utilização da construção de modelos, (JUSTI, 2015); isto é, o “ato ou processo de

criar, testar e reformular modelos para um fenômeno, evento ou ideia através da seleção, interpretação, compreensão e integração de aspectos relevantes para descrever e explicar o comportamento do mesmo”. (MAIA, 2009, p. 22). Ou seja, na modelagem, não somente a produção, mas também a validação e a aplicação de modelos devem ser incluídas como etapas necessárias para o desenvolvimento de instrumentos de análise de aulas utilizando modelagem.

A estratégia de ensino envolvendo a modelagem é dinâmica e bastante criativa, e requer muitas aptidões, por isso os pesquisadores têm o entendimento que algumas etapas são pertinentes ao processo. De acordo com Justi (2010, p.223), o EnFM deve adotar quatro etapas, em que cada uma exerce influência nas outras e se inter-relacionam segundo a representação da figura 1.

Figura 1: Principais etapas envolvidas na modelagem.



Fonte: Justi (2010, p.223).

Estas etapas dizem respeito à elaboração de um modelo mental (para definir ou compreender os objetivos propostos para o modelo); expressão do modelo mental (faz uso dos modos de representação: concreto, matemático, visual, gestual, verbal); teste dos modelos (podem ser empíricos e mentais) e a identificação de abrangência e limitações (onde acontece a contraposição do modelo com seus objetivos propostos e da tentativa da aplicação do modelo em diferentes situações).

A partir dos aspectos considerados como importantes na estruturação de atividades de ensino por modelagem (EnFM), venho solicitar a compreensão e colaboração de você, professor (a) participante do PROFQUI, para responder ao

questionário a seguir, que foi elaborado em função do produto educacional, no qual contém uma proposta para o ensino de Interações Intermoleculares elaborada a partir do Diagrama Modelo de Modelagem (DMM), destinada aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

São objetivos deste questionário validar a proposta de ensino fundamentada em modelagem visando compreender como as atividades de modelagem podem contribuir para um melhor aprendizado dos principais aspectos conceituais relativos às Interações Intermoleculares.

INFORMAÇÕES DO(A) PROFESSOR(A) AVALIADOR(A)

- a) Formação acadêmica (graduação): _____
- b) Formação acadêmica pós-graduação: _____
- c) Disciplina(s) que leciona: _____
- d) Tempo de experiência de ensino: _____
- e) Instituição de ensino () Federal () Estadual () Municipal
- f) Rede de Ensino () pública () particular

Comentários:

Questionário – Validação do Produto Educacional

PRIMEIRO ENCONTRO

1. O questionário diagnóstico proposto é adequado para identificar as concepções prévias dos estudantes a respeito das forças intermoleculares e assuntos correlacionados

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

2. A dinâmica fazendo uso do modelo “da caixa fechada” proporcionou uma compreensão inicial de modelos e modelagem?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

SEGUNDO ENCONTRO

3- A atividade didática proposta propiciou aos estudantes reflexão sobre o fenômeno interações intermoleculares, ou seja, experiência com alvo?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

4- A atividade didática proposta proporcionou elementos aos estudantes para a elaboração do modelo mental associado ao fenômeno?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

5- Para elaboração e expressão do modelo mental houve orientação do pesquisador?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

TERCEIRO ENCONTRO

6- O vídeo proposto foi apropriado para que os estudantes validassem o modelo desenvolvido no encontro 2?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

QUARTO ENCONTRO

7. A atividade experimental e as mediações do pesquisador permitiram uma discussão ampliada entre os estudantes para a elaboração e definição de um modelo consensual, incluindo sua abrangência e limitação?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

QUINTO ENCONTRO

9. O questionário de avaliação de aprendizagem dos estudantes foi adequado para identificar aspectos relacionados às interações intermoleculares?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

10. O questionário de avaliação da metodologia aplicada possibilita responder à pergunta: “O EnFM pode contribuir para o aprendizado de interações intermoleculares?”

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

QUESTÕES FINAIS

11. O desenvolvimento da Sequência Didática contemplou o processo de modelagem associada à temática de interações intermoleculares

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

12. Durante a Sequência Didática o professor apresenta a preocupação com o envolvimento e estímulo do estudante, destacando-o como um ser ativo e participativo no processo de aprendizagem?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

13. Deixe sua impressão sobre a proposta didática aqui apresentada, seus comentários e/ou sugestões.

REFERÊNCIAS

JUSTI, R. S. **Ensino de Química em foco**. Modelos e modelagem no ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos, cap. 08, p 209-227, 2010.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte | v.17 n.especial | p. 31-48 | novembro | 2015

MAIA, P. F. **Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem**, 2009, 239p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte.



PRODUTO EDUCACIONAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

ARTUR SILVEIRA BOTELHO

PRODUTO EDUCACIONAL
SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM MODELAGEM PARA
ABORDAR O CONTEÚDO DE INTERAÇÕES
INTERMOLECULARES NA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Produto educacional apresentado à coordenação do Programa de Mestrado em Ensino Profissional de Química em Rede para fins de qualificação como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Ivoneide de Carvalho Lope Barros.
Coorientadora: Profa. Analice de Almeida Lima

Recife – PE
2021

APRESENTAÇÃO

Devido a grandes inquietações ao longo de, aproximadamente, quatro décadas em sala de aula ensinando química, em que venho acompanhando a dificuldade de compreensão e de entendimento dos estudantes nos assuntos abordados na disciplina de Química, especialmente devido à sua natureza abstrata, percebo que nós professores buscamos incessantemente encontrar uma metodologia de ensino-aprendizagem, que possa vir a facilitar a compreensão dos conceitos científicos envolvidos nessa Ciência. Enfrentamos um desafio diário em conscientizar nossos estudantes da importância da Química como sendo uma ciência essencial no nosso dia a dia, a qual está intrinsecamente ligada com a sociedade, ao possibilitar um saber necessário que irá contribuir para que essa mesma sociedade possa se desenvolver nas diversas áreas de atuação dessa disciplina, como na saúde, na alimentação, no meio ambiente, nas novas tecnologias, na indústria, dentre outras. Assim sendo, a intenção é contribuir para uma melhor formação do indivíduo para que ele tenha uma visão mais crítica e reflexiva, tornando-se um ser pensante, responsável e capaz de solucionar problemas do seu cotidiano.

O que se pretende nessa mediação pedagógica, é introduzir uma metodologia que possa vir a facilitar a compreensão do estudante no ensino de Química, de forma que ele se torne um indivíduo ativo e participativo do seu próprio processo de aprendizagem.

Quando os conceitos de forças intermoleculares são tratados em sala de aula, é observado uma confusão dos estudantes, pela não compreensão da existência das forças que unem as moléculas (interações intermoleculares), acreditando que só exista ligação entre os átomos (interações intramoleculares), e dessa maneira ao tratarmos da mudança de estado físico, não é percebido por eles que as estruturas das moléculas não sofrem quebra interna de suas ligações, e que apenas aquelas ligações existentes entre elas é que serão rompidas

Nesse sentido, o presente produto educacional está propondo uma intervenção didática, utilizando modelos no processo de construção do conhecimento do conteúdo

de interações intermoleculares, com o intuito de despertar não só o interesse em compreender essa temática abordada, mas também em descrever seus conceitos com mais coerência e criticidade.

Logo, a partir de experimentos e vídeo, que serão realizados e/ou observados pelos estudantes, foi priorizado para o processo de aprendizagem a proposta que está em consonância com o Ensino Fundamentado em Modelagem (EnFM), considerando a participação ativa dos estudantes na elaboração dos seus modelos e no envolvimento de atividades de modelagem a partir da sequência didática conduzida pelo professor pesquisador, a fim de que o aprendiz possa desenvolver suas habilidades procedimentais e cognitivas

Desta forma, procuramos compartilhar com os professores de nível médio que ensinam Química e áreas afins, este material de cunho pedagógico, com a esperança de poder contribuir com a prática da docência em sala de aula.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 METODOLOGIA.....	11
2.1 Procedimento metodológico.....	15
2.2.1. Planejamento da sequência didática.....	15
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	18
4.REFERÊNCIAS.....	34
APÊNDICES.....	36
APÊNDICEA.....	37
APÊNDICE B.....	38

1 INTRODUÇÃO

Por que foi escolhido a
temática de interações
intermoleculares?

A maneira como os estudantes interpretam as interações intermoleculares, abre caminhos para o entendimento de vários outros fenômenos. Isto porque o estudo das interações intermoleculares se inter-relaciona e/ou promove a compreensão de conceitos como solubilidade, viscosidade, temperatura de fusão e ebulição, tensão superficial, densidade, entre outras (JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2020). Entretanto, esse conteúdo é comumente abordado de forma tradicional, fazendo uso de livros didáticos que apresentam modelos representativos prontos, em que o estudante não tem acesso ao processo de construção, nem ao que o fundamentou, gerando dúvidas e concepções errôneas sobre a temática interações intermoleculares.

Braibante, Miranda e Pazinato (2017), após análise e classificação desse tema em revistas nacionais e internacionais, tanto em nível básico quanto superior, destacaram nas seguintes declarações, algumas concepções alternativas recorrentes dos estudantes:

- Não há diferenças significativas entre as forças intermoleculares e as ligações químicas (COOPER et al., 2015);
- Existe ligação de hidrogênio em todas as moléculas que possuem hidrogênio e a força dessa interação é medida pela quantidade de hidrogênios que a molécula possui, por exemplo, as interações entre as moléculas do CH_4 são mais intensas do que as do NH_3 (GALAGOVKY et al., 2009);
- Há quebra das ligações químicas quando um sólido funde (SMITH; NAKHLE; 2011);
- No processo de ebulição, as moléculas de água são quebradas e as bolhas observadas são efeitos dos átomos de oxigênio e hidrogênio (SCHMIDT et al., 2009);

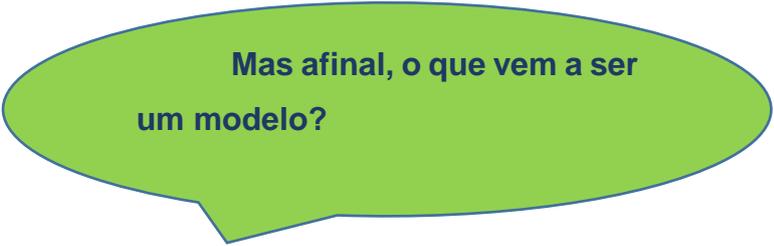
Junqueira e Maximiniano (2020), após alguns estudos observando estudantes do Ensino Médio, perceberam que os estudantes apresentavam muitas dificuldades em compreender a relação das propriedades físicas das substâncias com as forças intermoleculares, além de aventurarem que as interações intermoleculares eram mais intensas do que as intramoleculares.

Diante dessas dificuldades presentes com os estudantes, surge a necessidade de se desenvolver novas metodologias que possam contribuir para que haja uma melhor compreensão desse tema.

O ensino fundamentado em modelagem mostra-se como uma possível alternativa para o desenvolvimento dos conceitos de interações intermoleculares, já que o estudante passa a ser um indivíduo ativo e envolvido o tempo todo em cada uma das etapas desse processo (JUSTI, 2010).

Esse tipo de ensino cria uma circunstância favorável à compreensão no entendimento do conhecimento científico. Para Maia (2009, p. 23) isto ocorre porque elaborar um modelo implica em:

buscar selecionar e integrar itens que são considerados relevantes no contexto de uma questão particular, gerar hipóteses que deverão originar um modelo inicial, o qual será submetido a um ciclo de testes, revisão e reelaboração até a produção de descrições e explicações satisfatórias para a questão.

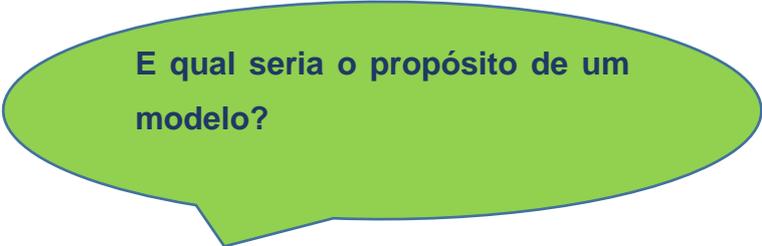


**Mas afinal, o que vem a ser
um modelo?**

Segundo Justi (2010), nas diversas áreas das ciências, não existe somente uma definição para modelos, no entanto, é admitido que em nenhuma conjuntura científica um modelo é um protótipo a ser seguido ou um modelo é uma repetição de qualquer coisa.

A palavra modelo pode ter vários significados, no entanto, será trabalhado nesta pesquisa a posição teórica de Gilbert, Boulter e Elmer (2000), quando define que, um modelo é uma forma de representar um objeto, fenômeno, ideia, evento, processo,

cuja elaboração é desenvolvida com propósitos específicos. Ademais, devido ao modelo ser considerado fracionado e inacabado, ele se torna uma representação não plenamente verdadeira da realidade, além de ser apresentado com muitas limitações



E qual seria o propósito de um modelo?

Na química, de acordo com Justi (2010, p. 212), os modelos têm como propósitos principais:

- Simplificar as entidades de difícil compreensão de tal maneira que facilite o entendimento das mesmas
- Facilitar a comunicação das ideias
- Favorecer a visualização de entidades abstratas
- Fundamentar a proposição e a interpretação de experimentos sobre a realidade
- Ser um conciliador entre a realidade modelada e os conceitos sobre ela.

Os modelos têm grande importância na disciplina de Química, pois são capazes de auxiliar na compreensão dos fenômenos de difícil entendimento, de propiciar uma melhor concepção de estruturas abstratas, de aproximar o conhecimento científico com a realidade, dentre outras.

De acordo com Lima, Silva e Souza (2017, p.1), um modelo é entendido como “uma forma de representar, de maneira simplificada, um objeto, evento, sistema, ideias, com finalidades descritivas, explicativas ou preditivas”.

Segundo Justi e Gilbert (2000), no transcorrer da produção de um modelo até a sua socialização é observado a existência de diversos tipos de modelos, os quais devem ser compreendidos com a tipologia associada aos mesmos e também à maneira como se formam, sendo conhecidos como:

- **Modelo Mental** – É o modelo inicial e tem origem a partir de uma atividade mental. Esse modelo é inerente a quem o criou, ou seja, é uma representação restrita e pessoal, podendo ser elaborado em grupo ou individualmente, no entanto é intangível a outras pessoas.
 - **Modelo Expresso** – É a forma de externar o modelo mental através de um modo de representação, podendo ser concreto, visual, verbal, gestual, simbólico, dentre outros, sendo esse socializado com outras pessoas.
 - **Modelo Consensual** – É o modelo que se torna um consenso dentro de um grupo ou de vários grupos sociais.
 - **Modelo Científico** – É quando ocorre a aceitação do modelo de consenso dentro de um grupo de cientistas.
 - **Modelo Histórico** – É quando o modelo científico é construído em um ambiente específico, mas que é colocado à margem pela ciência.
 - **Modelo de Ensino ou Didático ou Pedagógico** – É um modelo que vai auxiliar na aprendizagem dos estudantes, pois além dos objetos levados para sala de aula pelo professor, ele também irá fazer uso de outros insumos que irão ajudar nessa aprendizagem, tais como: gráficos, esquemas, analogias, dentre outros.

Quando se ensina em ciências a elaboração dos conceitos científicos, os modelos são essenciais na metodologia do ensino-aprendizagem, a começar pela elaboração de modelos mentais que são próprios de cada pessoa e que só estão presentes na mente de cada indivíduo (BORGES, 1999). E na busca do conhecimento, a idealização do modelo mental deve estar bem perto dos modelos científicos (CALDAS et al, 2015).

Uma maneira pelo qual o modelo científico pode ser conhecido é denominado de modo de apresentação, que também é chamado de modelo didático, no entanto, seja qual for a versão do modelo, eles são retratados pelo o uso de um ou mais modos

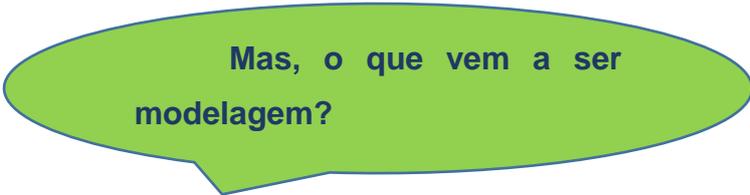
de representação, o que torna um pouco mais complicado o ensino das ciências (GILBERT, 2004). Sendo assim, as cinco formas de expressar os modelos são:

- **Modo concreto (ou material):** designado por ferramenta tridimensional. Ex: representação molecular com o modelo bola-imã.
- **Modo verbal:** é baseado na explicação de entidades e da ligação entre ela e o modelo. Ex: a natureza das bolas e paus na representação pau e bola.
- **Modo simbólico:** é aquele montado por símbolos e fórmulas. Ex: as equações inseridas no estudo da Química.
- **Modo visual:** utiliza diagramas, animações e gráficos originando representações bidimensionais.
- **Modo gestual:** o corpo humano ou parte dele é utilizado como representação dos movimentos. Ex: na ligação metálica utilizando os alunos em movimento na formação do mar de elétrons.

O presente Produto Educacional está propondo uma intervenção didática utilizando modelos no processo de construção do conhecimento químico relacionado às interações intermoleculares. Este produto tem o intuito de despertar não só o interesse em compreender o conteúdo de interações intermoleculares e dessa forma descrever conceitos com mais coerência e criticidade (GOMES et al,2016), como também promover interações pessoais e sociais previstas de se estabelecerem entre os estudantes, quando da realização das atividades em grupo, tornando-os mais participativos e interacionista.

Nessa aprendizagem, o uso da modelagem é um caminho que dará oportunidade ao estudante pensar, manusear, utilizar, construir, reformular e validar modelos para explicar fenômenos e resolver problemas. Essa forma de abordagem poderá ser trabalhada em diferentes unidades temáticas no ensino das Ciências, dando a oportunidade de se ter um melhor entendimento científico, ao estabelecer uma ligação através dos símbolos entre o estudante e os conteúdos e conceitos (AMADOR et al, 2018), desta forma o processo de aprendizagem tornar-se-á mais

significante, interdisciplinar, motivacional e mais próximo do dia a dia e da realidade do estudante, com a intenção de se trabalhar com as habilidades e competências que são estabelecidas na Base Nacional Comum e Curricular (BRASIL, 2018).



**Mas, o que vem a ser
modelagem?**

O termo “modelagem” pode apresentar inúmeras definições. Segundo o Dicionário Online de Português (Disponível em: < <https://www.dicio.com.br> >. Acesso em: 20/01/2021), a modelagem é um substantivo feminino e o seu significado é “uma ação ou efeito de modelar; modelação”. Já para Justi (2015), a modelagem é um método de construção de modelos. Quando se analisa de maneira mais específica a modelagem, há a necessidade de ser incluída a validação e a aplicação de modelos e não somente a sua produção. No entanto, a modelagem pode ser abordada a partir de diversas teorias.

Pode-se destacar também que, a modelagem é uma maneira que o aprendiz pode utilizar para tornar conhecido o pensamento ou a ideia do conteúdo a ser esclarecido. De acordo com Maia (2009, p. 22), a modelagem pode ser entendida como um “ato ou processo de criar, testar e reformular modelos para um fenômeno, evento ou ideia através da seleção, interpretação, compreensão e integração de aspectos relevantes para descrever e explicar o comportamento do mesmo”.

Nesse contexto, este produto educacional apresenta os objetivos apresentados a seguir.

2 METODOLOGIA

2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

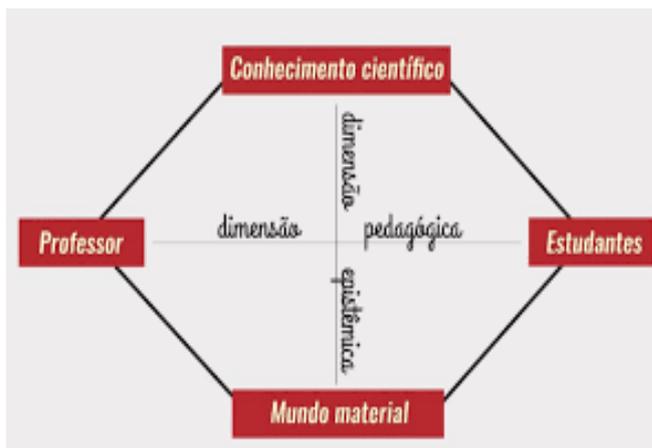
Segundo Leal (2011), a sequência didática é uma estratégia utilizada na educação adquirida por mediações planejadas passo a passo, pelo professor, com a intenção de tornar o processo de ensino e de aprendizagem de um determinado conteúdo, mais aprazível no que cerne a construção do conhecimento por parte do estudante, sobre a temática abordada. Já para Zabala (1998) a sequência didática é

um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. (Zabala, 1998, p. 18).

Enquanto estratégia de ensino, o que se prioriza, são as atividades desenvolvidas e preparadas através de uma sequência coerente para que o conhecimento possa ter uma evolução. Por meio da aplicação dessa estratégia, o professor visa estimular a relação entre o professor e o estudante, bem como a interação do estudante com outro estudante, ou seja, busca promover um maior comprometimento entre os sujeitos envolvidos nas atividades pedagógicas, e conseqüentemente, no desenvolvimento do aprendizado destes.

No modelo desenvolvido por Méheut (2005), foi observado na sequência didática a presença de quatro elementos: mundo material, aluno, professor e conhecimento científico, aos quais foram relacionados dois eixos, que representam a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica. A epistêmica, que tem como proposta didática estabelecer uma relação do conhecimento científico e mundo material; e a pedagógica, que vai proporcionar a interação entre o estudante e o professor ou entre o estudante e o estudante, como podemos observar na Figura 1

Figura 1 . Losango didático de Méheut (2004)



A elaboração de uma sequência didática (SD) vai fornecer um recurso metodológico, que vai viabilizar a construção de um planejamento etapa por etapa, ou momento por momento, de forma a alcançar os objetivos de processo de ensino e de aprendizagem.

A proposta da SD deste estudo está em consonância com o ensino fundamentado em modelagem desenvolvido por Justi (2010), considerando a participação ativa dos estudantes na elaboração dos seus modelos e no envolvimento de atividades de modelagem a partir da sequência didática conduzida pelo professor pesquisador. Dessa maneira, tem-se uma grande oportunidade para que o processo de análise científica seja fortalecido em suas habilidades e compreensão, uma vez que, ao projetar um modelo, em princípio, ocorre um processamento da escolha e inclusão de itens que são julgados importantes por uma ocasião individual (JUSTI; MAIA, 2009).

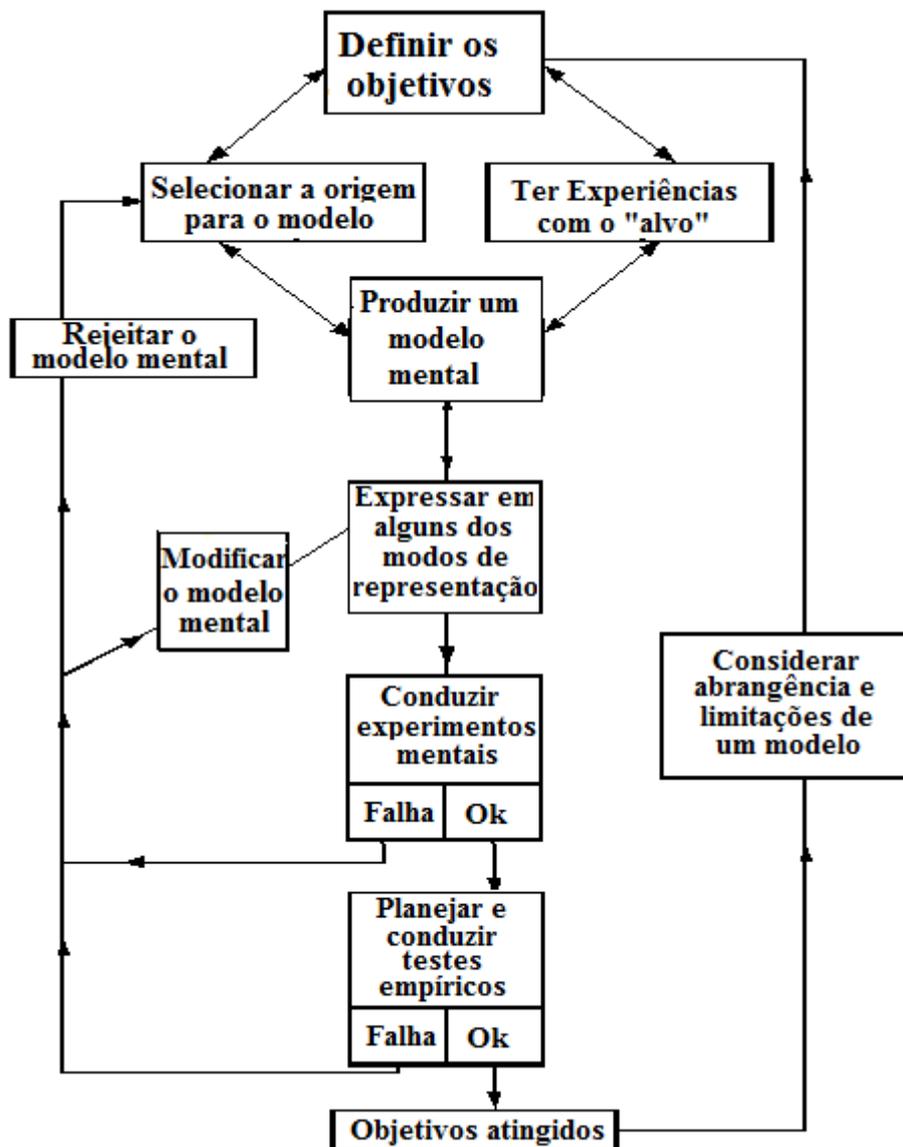
Além disso, a estratégia de ensino envolvendo a construção de modelos (modelagem) é dinâmica e bastante criativa, e requer muitas aptidões, por isso os pesquisadores têm o entendimento que algumas etapas são pertinentes ao processo.

Para o procedimento envolvendo a modelagem, Justi e Gilbert (2002, p.371) desenvolveram um diagrama constituído por etapas, o qual foi denominado de “Diagrama Modelo de Modelagem” (DMM) e que medeiam a produção do conhecimento científico. Esse diagrama, no qual as etapas se inter-relacionam estão estruturadas na representação da figura 2.

De acordo com Maia (2009), o diagrama não tem como propósito a criação de sequência exclusiva na condução da elaboração de um modelo. O DMM foi estruturado em função da análise de construção de modelos na ciência, portanto todos

os passos presentes no diagrama são fundamentais e característicos à produção de modelos, que normalmente são realizados de maneira consciente pelo pesquisador (cientista) ou por estudante e aprendizes

Figura 2: Principais etapas envolvidas no Diagrama Modelo de Modelagem (DMM).



Fonte: Justi e Gilbert (2002, p. 371)

Fazendo uma breve descrição das etapas envolvidas no DMM, pode-se dizer que a elaboração de um modelo é principiada pela observação do fenômeno que se deseja estudar, por isso é de fundamental importância que se tenha um objetivo do que se deseja modelar. Após a definição do objetivo, o indivíduo irá desenvolver um

modelo mental para seu objeto de investigação, levando em consideração as peculiaridades sobre o fenômeno que será estudado com a utilização de dados teóricos ou experimentais que possam facilitar na produção de seu modelo mental inicial. Ainda nessa etapa, segundo Lima (2007, p.72), “a criatividade e o pensamento crítico conduzem a elaboração do modelo mental”.

Já que o modelo mental é inerente apenas ao indivíduo que o criou, ele deve procurar alguma forma de externar esse modelo utilizando um modo de representação (concreto, visual, verbal, gestual, matemático, computacional), que seja capaz de interagir, ou seja, sociabilizar com os outros (MAIA, 2009). A etapa em questão é definida como expressão do modelo. Durante esse processo existe a possibilidade de transformação tanto do modelo expresso quanto do modelo mental, até o instante em que um esteja adequadamente em compatibilidade com o outro.

Em um outro momento, esse modelo elaborado expresso deverá ser submetido à etapa de testes que podem ocorrer de duas formas: via experimentos mentais ou por meio de planejamento e execução de testes empíricos. A caracterização dessa etapa se dá pela ocorrência incessante ou alternada desses dois tipos de testes ou pela aplicação de um único tipo de teste (MAIA, 2009). No entanto, isto estará na dependência da entidade modelada, ou seja, em função do modelo que se está sendo trabalhado, como também da disponibilidade de recursos necessários à realização dos testes empíricos, ou do conhecimento de todos os indivíduos participantes do processo.

Caso ocorra alguma falha do modelo quando da aplicação dos testes, é possível retornar as etapas anteriores e propor mudanças no modelo elaborado, ou ainda poder rejeitá-los. Entretanto, se o modelo apresentado for bem-sucedido na etapa de testes, isso significará que o objetivo para qual ele foi proposto, foi alcançado.

Nessa condição, o modelo deverá ser exibido para outras pessoas que deverão reconhecer ou não a sua validade, através da constatação de sua aplicabilidade em outras conjunturas (JUSTI; SOUZA, 2010). Essa etapa é essencial para que sejam abordadas as limitações do modelo como também suas abrangências. Nesta etapa, é importante ficar evidente que o modelo é uma criação do ser humano, que é passível de modificações e com limitações bastante peculiares.

Outro aspecto que deve ser considerado no diagrama, é que o processo de modelagem é bastante dinâmico e não linear. De acordo com Maia (2009) e Justi e Souza (2010), isso torna-se bastante claro, quando é observado na figura as

chamadas setas duplas, que mostra a inter-relação entre as etapas, ou seja, a influência que uma etapa poderá ocasionar na outra.

2.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

2.2.1 Planejamento da sequência didática

A elaboração da sequência didática na perspectiva do “Diagrama Modelo de Modelagem” (DMM) desenvolvido por Justi e Gilbert (2002) será estruturada por meio de quatro encontros, perfazendo um total de oito aulas e mais um encontro para a avaliação final com duração de 50 minutos, de acordo com os quadros 1 e 2, respectivamente.

Quadro1: Resumo das atividades associadas ao diagrama DMM (figura 1).

Encontro	Atividade	Descrição	Objetivo destacado no diagrama DMM
1º Encontro (aulas 1 e 2). Tempo previsto: 100 minutos.	1. Identificação de conhecimentos prévios dos estudantes sobre interações intermoleculares e assuntos correlacionados	Na aula inicial será apresentado a proposta de “ensino fundamentado em modelagem”. Em seguida, os estudantes responderão um questionário diagnóstico, com o objetivo de identificar os seus conhecimentos sobre as interações intermoleculares e assuntos correlatos. Posteriormente, será explicado a metodologia a ser utilizada (modelagem) e será feito o uso do modelo da caixa fechada para compreensão dos estudantes do que seja um modelo.	Ter compreensão de modelo e modelagem
2º Encontro (Aulas 3 e 4) Tempo previsto 100 minutos.	2. Realização de um experimento Associado ao fenômeno de interações intermoleculares.	No início da aula, será estabelecida a divisão dos grupos e entregue um roteiro experimental contendo o procedimento do experimento a ser realizado em grupo, intitulado: “Por quê a agulha flutua sobre a água?”. Os grupos serão orientados para discussão do fenômeno observado	Ter experiências com o alvo + Elaboração e expressão do modelo mental

		até que cheguem num consenso para a elaboração de um modelo mental que represente o fenômeno ocorrido e para expressão do mesmo, utilizando os materiais que serão disponibilizados, tais como: bolas de isopor, palitos, massa de modelar, dentre outros. Em seguida, os grupos deverão socializar entre si seus modelos construídos.	
3º Encontro (Aulas 5 e 6) Tempo previsto 100 minutos.	3. Utilização de um vídeo que possibilite a reflexão e reestruturação dos modelos ou não.	Após a apresentação dos modelos mentais elaborados com consequente interpretação e explicação do fenômeno observado, será apresentado um vídeo o qual proporciona estabelecer uma relação entre as interações intermoleculares e a tensão superficial, com a intervenção do professor para esclarecer as possíveis dúvidas. Dessa forma, o estudante terá a oportunidade de reavaliar os seus conhecimentos e relacioná-lo ao modelo desenvolvido, podendo modificar, reelaborar ou até mesmo abandonar o seu modelo, e ainda construir um novo.	Testar os modelos (através de experimentos mentais) + Elaboração e expressão do modelo.
4º Encontro (Aula 7 e 8) Tempo previsto: 50 minutos.	4. Momento de busca de um modelo de consenso (modelo consensual).	Realização de uma outra atividade experimental, a fim de oportunizar ao aprendiz rever seus modelos reelaborados. Após os debates que serão realizados na sala de aula pelos grupos, tentará se encontrar um modelo que esteja em consonância entre todos os grupos envolvidos nas atividades para a elaboração do modelo consensual. Ademais, será discutido e observada a abrangência e a limitação do modelo que será escolhido em consenso com todos os partícipes das atividades.	Testar os modelos (através de experimentos mentais) + Discutir a abrangência e a limitação do modelo

Fonte: Justi e Souza (2010, p. 7)

Quadro 2: Descrição resumida do momento da avaliação final.

Encontro	Atividade	Descrição
5º Encontro (Aula 9) Tempo previsto 50 minutos	Momento da avaliação final, envolvendo o entendimento conceitual do estudante, bem como a aplicação da metodologia de modelagem desenvolvida.	Aplicação de dois questionários individuais: um para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre o tema abordado e outro para avaliar a metodologia do ensino fundamentado em modelagem

Fonte: Justi e Souza (2010, p. 7 e 8)

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PRIMEIRO ENCONTRO (Aula 1 e 2):

O primeiro encontro foi planejado com o propósito de apresentar aos estudantes, a proposta de ensino fundamentado em modelagem (EnFM) para a aprendizagem do conteúdo de interações intermoleculares, além da identificação das concepções prévias dos estudantes com relação a essa temática.

Dessa forma, o professor explanará sobre modelos, esclarecendo que são uma maneira de representar uma ideia, um objeto, um fenômeno e que pode ser empregado para interpretar resultados, conduzir pesquisas, fazer previsões e possibilitar o diálogo (GILBERT, BOULTER; ELMER, 2000). Serão abordados vários tipos de modelos, como por exemplo o mental que é próprio de cada pessoa e que ele poderá ser expresso de várias formas, tais como: concreta, verbal, escrita, visual e que esses modelos são apenas representações parciais e não uma realidade em si, visto que tem limitações, portanto o modelo é passível de sofrer modificações ao longo de todo processo.

Para identificar as concepções prévias dos estudantes com relação ao conteúdo das interações intermoleculares e conceitos relacionados como ligação Química e as suas formas de representações, a polaridade das moléculas, os estados de agregação da matéria, tensão superficial, densidade e solubilidade, foi elaborado um questionário contendo nove questões. Nesse questionário, foram observados quesitos que envolvem o cotidiano, e também abordam aspectos microscópico e macroscópico da matéria. Para utilização dos critérios de análise das respostas, foram organizadas quatro categorias de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65).

O critério de avaliação das explicações dos estudantes ao questionário, foi feito em conformidade com as teorias disponibilizadas com os conceitos de interações intermoleculares descritos nas literaturas de (ATKINS; JONES, 2012; MAHAN;

MYERS,2014). A importância da identificação desses conhecimentos prévios é que, provavelmente, eles serão retomados ao longo de todo o processo, possibilitando ao professor mediar a construção do conhecimento quando julgar necessário. O questionário proposto, a finalidade e os critérios de avaliação estão localizados no quadro 3.

Quadro 3. Questionário para Identificação das concepções prévias dos estudantes em relação ao conteúdo de interações intermoleculares e conceitos correlacionados.

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Como você representaria as partículas nos estados sólido, líquido e gasoso.	Identificar se o estudante tem conhecimento da organização das partículas nos estados sólido, líquido e gasoso.	<p>Quando o estudante representar as partículas no estado sólido próximas umas das outras, no estado líquido mais afastadas que no estado sólido e no estado gasoso totalmente desorganizadas, em relação ao estado sólido e líquido. Ou se ao invés de representar, o estudante falar conceitualmente que as partículas estão mais próximas no estado sólido, mais afastadas no estado líquido e ainda mais afastadas no estado gasoso. (RS)</p> <p>Quando pelo menos em um dos estados físicos a representação das partículas estiver de acordo com a organização ou com o conceito de organização. (RPS)</p> <p>Quando nem a representação e nem o conceito for explicado de uma forma correta. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
02. Os átomos se organizam formando as substâncias. Como você definiria essa interação?	Identificar as concepções prévias do estudante sobre a interação que ocorre entre os átomos para formar as substâncias.	Quando o estudante relatar que a interação é interatômica ou intramolecular. Ou ainda se mencionar ligação iônica devido a formação de íons positivos e negativos ou ligação covalente devido ao compartilhamento de elétrons, ou ligação

		<p>metálica onde a interação se dá entre os cátions metálicos e os elétrons livres (RS)</p> <p>Quando o estudante mencionar pelo menos um dos conceitos de interação corretamente. (RPS)</p> <p>Quando a interação citada não for interatômica/intramolecular. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
03. Como você representaria as interações entre os átomos das moléculas de substâncias como a água e o ácido sulfúrico	Identificar se o estudante consegue representar utilizando a linguagem química.	<p>Se o estudante colocar H₂O para água e H₂SO₄ para o ácido ou se colocar a fórmula estrutural das substâncias ou se usar o modelo bolinhas e/ou cruzetas para ambas substâncias. (RS)</p> <p>Quando o estudante representou pelo menos uma das substâncias corretamente. (RPS)</p> <p>Quando as substâncias forem representadas incorretamente. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
04. O que são moléculas polares e moléculas apolares?	Identificar se o estudante sabe diferenciar uma molécula apolar de uma molécula polar.	<p>Quando o estudante falar que as moléculas apolares não possuem polos (positivos e nem negativos), enquanto que as moléculas polares possuem polos (positivos e negativos) ou será apolar quando o vetor momento do dipolo for igual a zero e polar diferente de zero. (RS)</p> <p>Quando um desses conceitos forem citados (RPS)</p> <p>Quando os conceitos forem citados incorretamente. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
05. O que você entende por forças intermoleculares?	Analisar a compreensão do estudante em relação ao conceito de forças intermoleculares	Se os estudantes falarem que são forças que mantêm as moléculas unidas ou se citarem os tipos de interações que explicam essas moléculas unidas: dipolo

		<p>induzido, dipolo permanente, ligação de hidrogênio, íon-dipolo. (RS)</p> <p>Se os estudantes colocarem pelo menos um dos tipos ou falar em polaridade da substância (RPS)</p> <p>Se conceituar ou exemplificar incorretamente as interações intermoleculares. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
06. Você sabe dizer que tipo de força intermolecular atua entre as moléculas da água?	Analisar o conhecimento do estudante sobre ligação de hidrogênio	<p>Quando o estudante mencionar ligação de hidrogênio. (RS)</p> <p>Quando o estudante falar em forças de Van Der Walls ou dipolo permanente. (RPS)</p> <p>Quando o estudante falar outro tipo de força. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
07. É muito comum ouvirmos dizer que a água e o óleo de cozinha não se misturam, sendo chamados, portanto de líquidos imiscíveis. Você saberia o porquê?	Perceber se o estudante consegue estabelecer a relação entre a polaridade e as propriedades das substâncias	<p>Quando é relacionada solubilidade com a polaridade, ou seja, substâncias de polaridades diferentes não se misturam (RS)</p> <p>Quando o estudante colocar mistura heterogênea (RPS)</p> <p>Quando não falar em solubilidade, polaridade ou caso mencione a densidade. (RI)</p> <p>Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)</p>
08. Você já deve ter observado que quando colocamos o gelo em um copo com água, ele vai flutuar. Como você explicaria esse comportamento?	Analisar se o estudante reconhece as diferenças nas propriedades da água nos diferentes estados físicos.	<p>Quando o estudante colocar que o gelo (água no estado sólido) é menos denso que a água líquida ou que as interações intermoleculares são diferentes nos diferentes estados físicos da água. (RS)</p> <p>Quando for comentado que a causa é devido a ligação de hidrogênio. (RPS)</p> <p>Quando o estudante não comentar sobre densidade ou ligação de hidrogênio. (RI)</p>

		Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)
09. É importante conhecer as ligações químicas para compreender as propriedades das substâncias? Cite exemplos.	Identificar as associações estabelecidas pelo estudante sobre o tipo de ligação química com as propriedades das substâncias.	Quando os estudantes associarem as propriedades físicas ou químicas às substâncias envolvidas usando os conceitos de substâncias iônica, covalente e metálica, ou expressar através das fórmulas ou ainda mencionar a propriedade associando com a substância exemplificada. Ex: NaCl – alto PE, sólidos em temperatura ambiente, excelentes condutores da corrente elétrica em meio aquoso ou fundidos. H ₂ O – baixo PE, solvente universal, polaridade, dentre outras. Fe(s) – Boa condutividade térmica e elétrica, dúcteis, maleáveis, dentre outras. (RS) Quando os estudantes colocarem pelo menos os tipos de ligações ou as fórmulas das substâncias ou os conceitos das ligações. (RPS) Quando os estudantes não estabelecerem nenhuma relação das substâncias com suas propriedades. (RI) Quando não for apresentado nenhuma resposta. (NR)

Fonte: própria

Em seguida, será trabalhado com o estudante uma atividade denominada de “modelo de caixa fechada” com o intuito de desenvolver um modelo mental. Nessa atividade, o professor irá levar uma caixa fechada para sala de aula contendo um objeto que não será informado ao estudante. A partir daí os estudantes passarão a manipular essa caixa e fazer perguntas em busca de evidências com o propósito de construir um modelo do objeto que se encontra dentro da caixa.

Durante a construção desses modelos, os estudantes poderão trocar ideias entre si, procurando construir o seu modelo da melhor forma possível. Ao final da aula, o professor irá apresentar o objeto contido na caixa e pedirá que os estudantes reflitam no modelo mental elaborado com o objeto em questão.

A realização desse encontro terá duração de 100 minutos, como pode ser observado no quadro 4, assim distribuídos:

Quadro 4: PRIMEIRO ENCONTRO: Aulas 1 e 2

Aulas 1 e 2: Apresentação da proposta da pesquisa e identificação de concepções prévias e atividade da caixa fechada	
Tópicos	Tempo
Apresentação da proposta da pesquisa em Power point.	20 minutos
Explicação e Aplicação de um questionário diagnóstico.	20 minutos
Realização da atividade da caixa fechada e elaboração do modelo mental	40 minutos
Discussão sobre a elaboração do modelo	20 minutos

Fonte: própria

SEGUNDO ENCONTRO: (Aulas 3 e 4):

O segundo encontro foi estruturado para atender uma das etapas, elaboração, da estratégia de ensino fundamentado em modelagem, baseado no esquema da figura 1. Inicialmente, a turma será dividida em seis grupos de cinco ou seis estudantes designados da seguinte forma: AB1, AB2, AB3, AB4, AB5 e AB6. A conformação desses grupos será realizada por meio de sorteio com a intenção de serem constituídos grupos heterogêneos em que os estudantes não tenham um grupo habitual de trabalho e de modo que não ultrapasse o limite de seis estudantes por grupo formado.

Nessa perspectiva, foi planejada uma atividade experimental (Experimento 1) que será realizada na sala de aula por cada um dos grupos participantes. O roteiro do experimento (APÊNDICE A) será projetado no quadro branco pelo Data show. Os estudantes farão a leitura e possíveis dúvidas deverão ser explicadas pelo professor. Todo o material que será usado no experimento estará disponível nas mesas da sala de aula com a identificação de cada um dos grupos formados (AB1, AB2, AB3, AB4, AB5 e AB6).

Essa atividade consiste em investigar o porquê de uma agulha flutuar quando colocada na superfície da água, a fim de permitir aos estudantes, estabelecer uma relação entre as interações intermoleculares e a tensão superficial, pois acredita-se que o uso do experimento poderá favorecer o desenvolvimento da aprendizagem

(JUSTI; MOZZER; QUEIROZ, 2007). Após a realização do experimento, os estudantes serão questionados sobre suas previsões e também a respeito do que foi observado no experimento, por meio de perguntas que se encontram no roteiro colocado pelo professor no início da aula.

Como destacado no quadro 5, serão utilizadas quatro categorias de análise das respostas, organizadas da seguinte forma: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65)

Quadro 5. Questionamentos relativos à atividade experimental do 2º encontro.

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Por que a agulha flutua quando colocada na água?	Identificar se o estudante tem conhecimento do fenômeno da tensão superficial.	Quando o estudante relatar que é devido ao fenômeno da tensão superficial. (RS) Quando for colocado que é devido as forças intermoleculares. (RPS) Quando o estudante não citar o fenômeno e nem as forças intermoleculares. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)
02. Você sabe dizer qual a força intermolecular existente entre as moléculas de água? Sim ou não? Se sim, Justifique?	Verificar o entendimento do estudante em relação ligação de hidrogênio.	Quando o estudante relatar que é a ligação de hidrogênio. (RS) Quando o estudante mencionar que é a força do dipolo-dipolo e não se referir a ligação de hidrogênio. (RPS) Quando a força mencionada não for ligação de hidrogênio ou dipolo-dipolo. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)
03. O que aconteceu com a agulha quando o detergente foi adicionado? Você poderia justificar?	Identificar se o estudante consegue compreender que a força da interação intermolecular da água foi diminuída quando da adição do detergente.	Se o estudante responder que a agulha afundou devido a diminuição da tensão superficial. (RS) Quando o estudante mencionar que foi devido ao enfraquecimento das forças

		intermoleculares, sem explicitar a ligação de hidrogênio. (RPS) Quando o estudante se referir a um outro tipo de interação intermoleculares. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)
04. No fenômeno em que a agulha flutua na água, a adição do detergente irá provocar algum tipo de quebra de ligações entre as moléculas de água? Sim ou não? Se sim, qual foi?	Verificar se o estudante compreende que no fenômeno em questão o detergente causará há ruptura das interações intermoleculares, ou seja, diminuição da tensão superficial.	Quando o estudante mencionar que sim devido a ruptura da ligação de hidrogênio. (RS) Se o estudante relacionar com a quebra da ligação do dipolo permanente. (RPS) Se o estudante mencionar outro tipo de ruptura. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)

Fonte própria

Por fim, os estudantes serão convidados a criar, ou seja, expressar um modelo para representar o fenômeno observado, utilizando os materiais que estarão disponíveis: palito de dente ou churrasco, bolas de isopor, cola, tesoura, canetas coloridas ou lápis de cor (no mínimo seis cores), papel, entre outros, que estarão colocados em uma segunda mesa, também identificada ao lado da primeira mesa. Conforme estabelecido anteriormente, o professor, terá acesso ao modelo produzido, o qual será fotografado, para posterior comparação da evolução do desenvolvimento do modelo criado pelos grupos, durante os encontros vivenciados. No entanto, cada grupo ficará responsável pela guarda de seu modelo e estará comprometido em trazê-lo nos próximos encontros.

A realização desse encontro terá duração de 100 minutos, de acordo com a distribuição descrita no quadro 6.

Quadro 6. SEGUNDO ENCONTRO: Aulas 3 e 4

Aulas 3 e 4: Divisão da turma em grupos, realização de uma atividade experimental e elaboração de um modelo	
Tópicos	Tempo

Divisão das turmas em seis grupos constituídos por cinco ou seis alunos	10 minutos
Explicação do roteiro e sanção de dúvidas para realização da primeira atividade	10 minutos
Realização da atividade experimental (Experimento 1)	15 minutos
Respostas as perguntas realizadas após o Experimento 1.	10 minutos
Elaboração, discussão e expressão do modelo	60 minutos

Fonte: própria

TERCEIRO ENCONTRO (Aulas 5 e 6)

Após a construção dos modelos no segundo encontro, será solicitado aos grupos que os apresentem e forneçam explicações sobre a elaboração do seu modelo, o que os motivou na escolha dos materiais e o que eles representavam, fazendo associação com o fenômeno observado na atividade experimental do segundo encontro. Essa abordagem de ensino procura facilitar um maior envolvimento do estudante no desenvolvimento de sua aprendizagem,

Com o propósito de contribuir com o conhecimento dos estudantes sobre a intensidade das forças de interações intermoleculares, será apresentado um vídeo que explica a relação entre as forças intermoleculares e a tensão superficial, produzido por Arantcha Nardi - Mateus Costa - Wellington Lucena do Grupo de pesquisa NIPPEQ, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8vaeo6R2RJc>

Nesse momento, o professor fará intervenção para explicar o fenômeno ocorrido com maior detalhamento. Dessa forma, o estudante terá a oportunidade de reavaliar os seus conhecimentos a partir do modelo desenvolvido, podendo modificar, reelaborar ou até mesmo abandonar o seu modelo, construindo um novo (JUSTI; MOZZER; QUEIROZ, 2007).

Como será visto no quadro 7, a realização desse encontro terá duração de 100 minutos, assim distribuídos:

Quadro 7. TERCEIRO ENCONTRO: Aulas 5 e 6

Aulas 5 e 6: Apresentação dos modelos	
Tópicos	Tempo

Apresentação e explicação dos modelos elaborados e materiais escolhidos	30 minutos
Discussão entre os grupos para defesa do seu modelo	20 minutos
Apresentação do vídeo sobre tensão superficial (NIPPEQ)	10 minutos
Reelaboração ou elaboração de um novo modelo	40 minutos

Fonte: própria

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Após o término do terceiro encontro o professor poderá sugerir aos estudantes uma atividade complementar. A sugestão seria para os estudantes analisarem dados de uma tabela (Tabela 1) que fornece valores de ponto de fusão e ponto de ebulição de algumas substâncias. Essa tarefa tem o intuito de que eles observem a existência da relação entre a intensidade das forças intermoleculares com o ponto de fusão e ponto de ebulição de diferentes substâncias, respondendo aos questionamentos elaborados pelo professor para condução dessa atividade, conforme descrito no Quadro 8

Tabela 1: Propriedades de algumas substâncias

Substância	Fórmula	Massa Molar	Ponto de Ebulição	Ponto de Fusão
Água	H ₂ O	18 g/mol	100°C	0°C
Sulfeto de Hidrogênio	H ₂ S	34 g/mol	- 60,2°C	-85,5°C
Seleneto de Hidrogênio	H ₂ Se	81 g/mol	- 41,2°C	-65,7°C

Quadro 8: Questionamentos orientativos para a atividade complementar

QUESTIONAMENTOS

01. Observando a tabela, qual dessas substâncias apresenta maior ponto de fusão e ebulição. Você saberia explicar por que isso ocorre?
02. Entre o sulfeto de hidrogênio (H_2S), o seleneto de hidrogênio (H_2Se) e o telureto de hidrogênio (H_2Te), qual deles tem maior ponto de ebulição?
03. Justifique o porquê da sua resposta da segunda pergunta?
04. Existe alguma relação entre o ponto de ebulição e as interações existentes nas substâncias presentes nesse quadro? Sim ou não? Justifique?

QUARTO ENCONTRO (Aulas 7 e 8)

Com a intenção dos estudantes avaliarem seus modelos quanto à capacidade de previsão e explicação e ainda oferecer a eles mais conhecimentos, será realizado pelo professor o experimento do leite psicodélico (Experimento 2), que consiste em adicionar corantes de cores diferentes ao leite, posteriormente, adicionar o detergente. Novamente, o roteiro (APÊNDICE B) desse experimento será projetado por meio do Data show e será pedido que um estudante de cada grupo seja responsável pela gravação e pelas fotografias dessa aula experimental. Após o experimento, com o intuito do grupo refletir sobre o modelo elaborado, será perguntado se existe relação entre esse experimento com o experimento realizado no segundo encontro, como observado no quadro 9.

Quadro 09. Questionamentos orientativos relacionados ao experimento do leite psicodélico.

QUESTIONAMENTOS

01. Existe alguma relação desse experimento do leite psicodélico com o fenômeno apresentado no segundo encontro? Sim ou não? Se sim, pode identificar qual?
02. Qual o papel do detergente nesse experimento?

03. Essa ação do detergente pode ser entendida no processo de retirada da gordura das louças, sim ou não? Por quê?

Fonte própria

Após os debates realizados pelos grupos, será feita tentativa de se encontrar um modelo que esteja em consenso entre todos os modelos elaborados nos grupos envolvidos. Além disso, será discutido e observada a abrangência e limitação do modelo que será escolhido em consenso com todos os participantes da modelagem.

Para finalizar esse encontro, o professor deverá ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre a temática de forças intermoleculares, buscando estabelecer uma relação da tensão superficial com as interações intermoleculares. Logo depois será pedido ao grupo que fosse revisado o modelo elaborado e verifique se será possível validá-lo, ou não. Sendo assim, deverão entregar no próximo encontro o modelo ao professor.

QUINTO ENCONTRO (Aula 9)

Esse encontro tem por finalidade avaliar a aprendizagem do estudante referente ao conteúdo de interações intermoleculares e assuntos relacionados, bem como avaliar a aplicabilidade da utilização do ensino fundamentado em modelagem (EnFM) para compreensão das interações intermoleculares. Para tanto, serão realizados dois questionários: um para avaliação individual do estudante com a intenção de verificar a aprendizagem sobre o conteúdo de interações intermoleculares abordado (Quadro 11, Q1), composto por quatro questões. O outro irá abordar se o uso da modelagem, ou seja, do ensino fundamentado em modelagem, pôde contribuir para a compreensão dos conceitos de interações intermoleculares (Quadro 12, Q2). A realização desse encontro terá duração de 50 minutos (Quadro 10).

Quadro 10: QUINTO ENCONTRO: Aula 9

Aula 9: Realização de dois questionários de avaliação	
Tópicos	Tempo
Avaliação da aprendizagem do estudante referente ao conteúdo de interações intermoleculares (Q1)	25 minutos
Avaliação da metodologia aplicada (Q2)	25 minutos

Fonte: própria

Para utilização do critério de análises das respostas, ao questionário Q1, foram organizados quatro modelos de análise: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – modelo similar ao trabalhado por Lacerda (2008, p. 65)

Quadro 11: Q1 - Questionário de avaliação da aprendizagem do estudante referente ao conteúdo de interações intermoleculares.

QUESTÃO	OBJETIVO	CRITÉRIOS DE ANÁLISE
01. Quando se é colocado com cuidado e acomodado horizontalmente uma lâmina de barbear, uma moeda ou um clipe, que apresentam uma densidade maior, sobre a superfície da água é observado que os mesmos não afundam. Qual a força intermolecular que atua na água e que provoca esse tipo de fenômeno?	Avaliar se o estudante tem conhecimento de que a força intermolecular que atua na água é ligação de hidrogênio.	Quando o estudante mencionar ligação de hidrogênio (RS) Quando o estudante mencionar em dipolo permanente ou tensão superficial. (RPS) Quando o estudante mencionar em um outro tipo de força. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)
02. A forte atração existente entre as moléculas de água, que se encontram polarizadas, quando na superfície desse líquido irão se atrair de maneira ainda mais forte do que as moléculas que se encontram dentro, ou seja, no interior do líquido. Dessa forma será criada uma fina película na superfície da água como se fosse uma camada plástica, o que permite que alguns insetos possam andar ou pousar na água. Que o nome se dá ao fenômeno ocorrido?	Identificar se o aluno compreendeu que a tensão superficial da água é o que permite alguns objetos mais densos ou insetos poderem flutuar ou andar na sua superfície.	Quando o estudante relatar que o fenômeno em questão é denominado de tensão superficial (RS) Quando o estudante mencionar que o fenômeno é chamado de interações intermoleculares (RPS) Quando não for citado o nome do fenômeno. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)

<p>03. No experimento realizado na segunda etapa para saber se agulha flutua na água foi observado a adição de detergente nessa experiência o que provocou o afundamento dessa agulha. Você acha que o detergente aumentou ou diminuiu a força de atração das moléculas de água? Justifique.</p>	<p>Analisar se o estudante compreendeu que o detergente quebra as forças intermoleculares e enfraquece a tensão superficial.</p>	<p>Se o estudante colocar que o detergente diminui a força de atração, justificando dessa forma a quebra das interações intermoleculares ou que o detergente diminui a força de atração e enfraquece a tensão superficial (RS) Quando o estudante colocar apenas que diminui, ou apenas que força será enfraquecida ou apenas que ocorre a quebra das forças intermoleculares. (RPS) Quando respondido que irá aumentar. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>
<p>04. Entre os compostos ácido fluorídrico (HF), cuja massa molecular é igual a 20 e o ácido clorídrico (HCl), de massa molecular igual a 35,5, observamos que o HF tem ponto de ebulição (PE = 20°C) maior que o HCl (PE = -85°C), e quando comparamos o HCl com o ácido bromídrico HBr (PE = -67°C), cuja massa molecular é 81, esse também apresenta ponto de ebulição maior que o HCl. Você saberia justificar o porquê da ocorrência dessa situação?</p>	<p>Avaliar se o estudante relaciona a influência das interações intermoleculares no ponto de ebulição e no tamanho das moléculas.</p>	<p>Quando o estudante escrever que quanto maior a intensidade das forças intermoleculares maior o ponto de ebulição e maior o tamanho das moléculas (RS) Quando apenas uma dessas relações forem citadas (RPS) Quando as relações forem citadas incorretamente. (RI) Quando não for apresentada nenhuma resposta. (NR)</p>

Fonte própria

Quadro 12: Q2 – Questionário de Avaliação da metodologia aplicada.

01. Você já tinha ouvido falar ou visto algo sobre aplicação de modelos em ciências?

Sim ()

Não ()

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**: 5 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2012.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.01, n.01, p.66-92, jan-jun, 1999
- CALDAS, F. R. R. et al. Construção de um Modelo Molecular: Uma Abordagem Interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, 7 (3), 849-863, 2015.
- COOPER, M. M., WILLIAMS, L. C. Underwood, S. M. Student Understanding of Intermolecular Forces: A Multimodal **Study**. **Journal of Chemical Education**, N. 92, v. 4, p.1288-1298, 2015
- GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, p. 115-130, 2004.
- GALAGOVSKY, L., BEKERMAN, D. La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. N. 8, v. 3, p. 952-975, 2009.
- 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. 1 ed. Ijuí-RS: Editora Unijuí, 2010, v. 1, p. 131-157.
- JUNQUEIRA, M. M.; MAXIMIANO, F. A. Interações intermoleculares e o fenômeno da solubilidade: explicações de graduandos em Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 106-117, jan. 2020.
- JUSTI, R. S. e GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case “of atom”. **Internacional Journal Science Education**, London, v. 22, n. 9, 993-1009, 2000.
- LEAL, C. A. **Sequência Didática**, 2011, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências PROPEC Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, 2011
- JUSTI, R. S. e GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case “of atom”. **Internacional Journal Science Education**, London, v. 22, n. 9, 993-1009, 2000.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. **International Journal of Science Education**, London, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.

MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research**. In: BORESMA, K. et al (eds) **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Spring, 2005, p. 195-207.

MIRANDA, A.C.G.; BRABANTE, M.E; PAZINATO, M. S. **Concepções alternativas sobre forças intermoleculares: um estudo a partir das publicações da área de ensino**. X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SEVILLA 5-8 de septiembre de 2017, 1807-1812.

MOZZER, N. B.; QUEIROZ, A. S.; JUSTI, R. S. **Proposta de Ensino para introdução ao tema Interações Moleculares via Modelagem**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis, SC.

SMITH, K. C., NAKHLE, M. B. University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. **Chemistry Education Research and Practice**. V. 12, n.2, p. 398-408, 2011

SCHMIDT, H. J., KAUFMANN, B., TREAGUST, D. F., Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. **Chemistry Education Research and Practice**. N.10, p.265-272, 2009.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro do experimento 1: Por quê a agulha flutua sobre a água?

Roteiro

MATERIAL

1. Béquer de 400 ml (ou um recipiente de vidro com a boca larga. Ex: xícara ou copo).
2. Garrafas plásticas de 500 ml cheia com água da torneira.
3. Agulha de aço (ou um alfinete ou clips ou lâmina de barbear).
4. Conta gotas.
5. Uma pinça.
6. Papel toalha ou guardanapo.
7. Celular com câmera ou máquina fotográfica.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Encha o béquer com água de torneira que se encontram nas garrafas plásticas de 500 ml.
2. Em seguida, com a pinça prenda a agulha pelo meio.
3. Tente colocar a agulha cuidadosamente sobre a água que se encontra no béquer até que a mesma fique boiando.
4. Pegue o conta gotas, coloque detergente em seu interior e posteriormente goteje duas gotas sobre a água onde se encontra a agulha.
5. Um dos membros da equipe deverá ficar responsável para tirar fotografias e outro para realizar a gravação do experimento. É interessante que haja um revezamento entre os membros do grupo.

Obs1: É muito difícil se conseguir na primeira tentativa que a agulha se equilibre e flutue na água, por isso tente outras vezes quando ocorrer da agulha afundar, sem esquecer de enxugá-la antes da próxima tentativa.

Obs2: Procure evitar de bater na mesa onde se encontra o béquer para não provocar a agitação da água.

Obs3: Ao final do experimento todas as anotações individuais dos grupos deverão ser entregues ao professor e um relatório deverá ser entregue no próximo encontro.

Roteiro original disponível em: <http://cienciaemcasa.cienciaviva.pt/agulha.html>

APÊNDICE B - Roteiro do experimento 2: Leite psicodélico

Roteiro

MATERIAL UTILIZADO:

1. Um prato.
2. Leite integral.
3. Corante alimentício de diversas cores (verde, amarelo, vermelho, azul, entre outros)
4. Detergente caseiro.

PROCEDIMENTO

1. Coloque o leite no prato.
2. Em seguida adicione ao leite algumas gotas dos corantes alimentícios de cores variadas.
3. Coloque uma ou duas gotas de detergente caseiro no leite com corante e observe o efeito que será produzido. Continue a adicionar mais gotas do detergente em diversas partes do leite.

Roteiro original disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/experimento-leite-psicodelico.htm>