



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

LUCAS PEREIRA GANDRA

**ARTICULAÇÕES ENTRE MODELAGEM E A TEORIA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO
DE QUÍMICA**

CAMPO GRANDE, MS

2020



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

LUCAS PEREIRA GANDRA

**ARTICULAÇÕES ENTRE MODELAGEM E A TEORIA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO
DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais), para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Airton José Vinholi Júnior

CAMPO GRANDE, MS

2020

GANDRA, L, P. Articulações entre modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa para o ensino de química.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais), para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Airton José Vinholi Júnior

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Airton José Vinholi Júnior

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

Orientador

Prof.^a Dra. Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

Examinadora Interna

Prof. Dr. Ademir de Souza Pereira

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Examinador Externo

Campo Grande-MS

2020

“A educação é o passaporte para o futuro, a base para criar inovação”.

Dilma Rousseff

DEDICATÓRIA

“À minha mãe Luciana Aparecida Pereira dos Santos Gandra (*in memoriam*), à minha avó Sonia Correia dos Santos (*in memoriam*) e a minha esposa Gabriëlle Helpis dos Santos Gandra”

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me fortalecido e me guiado em todos os momentos da minha trajetória até aqui.

À minha esposa Gabrielle Helpis S. Gandra, que é meu porto seguro nos momentos mais difíceis dessa caminhada, me deu colo, enxugou as lágrimas e levantou a minha cabeça.

À minha mãe Luciana A. P. dos Santos Gandra, que me deu forças com a sua simplicidade, garra e alegria de viver, para seguir em frente até aqui.

À minha vó Sonia Correa dos Santos, que me apoiou em todos os momentos, com amor incondicional, mostrando os melhores caminhos a serem seguidos na vida.

A toda a minha família, meu pai, vó José, Tio Nato, Tia Simone, Gilvan, meus irmãos Felipe e Gustavo, primos: Gabriel, Carlos Eduardo, Guilherme e Mariana que são a minha fortaleza, referência e base.

Ao meu orientador, Prof Dr. Airton, pela resiliência, compreensão e humanidade que demonstrou como orientador e amigo o que foi fundamental para a conclusão desse trabalho.

À Coordenadora do PPEC, Profª Dra. Suzete, por todo apoio acadêmico e administrativo que foram essenciais para o cumprimento integral do curso de mestrado.

Aos amigos Pedro e Geilson, pelo companheirismo e parceria na vida e nas discussões sobre o Ensino de Ciências.

Aos meus estudantes da Fundação Educacional de Coxim, da E.E Viriato Bandeira, da Escola Santa Teresa, da UNOPAR Coxim, São Gabriel do Oeste e Camapuã, que me fazem buscar o melhor de ser professor.

A todos os amigos e colegas que sempre torceram por mim e me ajudaram a continuar acreditando nos meus sonhos.

RESUMO

A Química enquanto Ciência apresenta conceitos demasiadamente abstratos, o que pode dificultar seu ensino. Para superar tais dificuldades, pode ser feito o uso de modelos como representações parciais desses conceitos. Entretanto, há limitações quando se faz a apresentação de modelos prontos e acabados desconsiderando os conhecimentos prévios dos estudantes. Dessa forma, o objetivo dessa dissertação foi investigar possíveis articulações pedagógicas entre a modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A pesquisa possui abordagem qualitativa e natureza exploratória, iniciada por um amplo levantamento bibliográfico em periódicos sobre modelos/modelagem e TAS no Ensino de Química. A partir desse estudo foi possível elaborar uma proposta teórica para utilização da modelagem articulada à TAS, em que os objetivos da modelagem são definidos com o conhecimento dos subsunçores, e que o material potencialmente significativo fomenta experiências e analogias com o fenômeno alvo modelado, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa norteiam a realização de testes, e a repetição multicontextual favorece a avaliação dos modelos. Para demonstrar como a modelagem significativa pode ser aplicada ao ensino de química, foi elaborada uma proposta pedagógica a partir dela no ensino de ligações químicas. Por fim, foi possível construir uma abordagem didática que articula a modelagem e a TAS e que pode subsidiar propostas pedagógicas para o ensino de ligações iônicas.

Palavras-Chave: construção de modelos; aprendizagem significativa, ligações químicas.

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 - MODELOS E MODELAGEM COMO ESTRATÉGIA NO ENSINO DE QUÍMICA	12
1.1 Modelos no Ensino de Química: Concepções e Aplicações	12
1.2 Modelagem no Ensino de Química: fundamentos para o uso como estratégia didática.....	14
CAPÍTULO 2 - TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	21
CAPÍTULO 3 – PESQUISAS EM ENSINO DE QUÍMICA INTERFACES COM A MODELAGEM E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	29
3.1 Ensino de Química fundamentado em Modelagem.	31
CAPÍTULO 4 – ARTICULAÇÕES ENTRE A MODELAGEM E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	39
4.1 Elaboração do Modelo.....	39
4.2 Expressão do Modelo.....	41
4.3 Testes do Modelo.....	42
4.4 Avaliação dos modelos.....	43
4.5 Modelagem Significativa: articulações pedagógicas entre Modelagem e TAS.	44
CAPÍTULO 5: APLICAÇÕES DA MODELAGEM FUNDAMENTADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	48
5.1 Dificuldades no Ensino de Ligações Químicas	50
5.2 Contribuições da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e do Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul.	50
5.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de ligações químicas a partir da modelagem	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXO 1 – PRÉ QUESTIONÁRIO	66
ANEXO 2 – PÓS QUESTIONÁRIO	69

APRESENTAÇÃO

A utilização de modelagem como estratégia didática tem sido objeto de estudo desde a graduação na Licenciatura em Química do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS), em que a reflexão sobre o uso da modelagem no ensino de Geometria Molecular (GANDRA e FARIA., 2014), no ensino de Soluções Químicas (GANDRA, FARIA e SANTOS, 2016), bem como também foi objeto de estudo na prática docente sobre o ensino de Modelos Atômicos (GANDRA e SILVA, 2018). Logo, percebe-se que é comum utilizarmos os modelos explicativos prontos fornecidos pelo Referencial Curricular ou pelo material didático, sem se preocupar com os significados que os estudantes atribuem para esses modelos.

Além disso, o ensino de química visa à formação de estudantes críticos e capazes de intervir e transformar seu cotidiano a partir do conhecimento científico. Entretanto, essa Ciência enquanto disciplina escolar tem se tornado monótona e cansativa, principalmente pelo excessivo uso do ensino tradicional a partir de aulas expositivas, e resolução de listas de exercícios do livro didático (SANTOS et al., 2015).

Essa observação é recorrente em outras pesquisas em ensino de química, que buscam por metodologias diferenciadas que rompam com o ensino tradicional, habitualmente pautado na mera transmissão de conteúdo, e buscam de diversas formas promoverem a construção do conhecimento científico, bem como a formação de um discente crítico e engajado na resolução de problemas em seu cotidiano (SWIECH, 2016; ABREU e MAIA, 2016; FERREIRA, CORREA e DUTRA, 2016).

Nesse sentido, ao investigar a aproximação das dificuldades de aprendizagem com o Ensino de Química, Rocha e Vasconcelos (2016) relatam a importância da reflexão acerca dos métodos e técnicas de ensino usado pelos professores, que muitas vezes apresentam limitações como as dificuldades na elaboração e compreensão de modelos científicos, bem como, da demasiada abstração dos conceitos.

Para superar tais dificuldades, pode-se fazer uso de estratégias de ensino, que auxiliem na compreensão desses conceitos abstratos como a modelagem. Dessa forma, o termo modelagem é empregado comumente em diferentes situações, assumindo significados distintos, porém, no Ensino de Ciências, Ferreira e Justi (2008) afirmam que a modelagem se trata do processo que envolve a construção, expressão, teste,

reformulação e avaliação de modelos em contextos de sala de aula. Nesse sentido, para Gilbert, Boulter e Elmer (2000) estes modelos são representações parciais de um fenômeno, processo, objeto ou ideia.

De acordo com Paganini, Justi e Mozzer (2014), a modelagem utiliza-se de atividades que discutem o papel dos modelos e suas contribuições para a compreensão do conhecimento científico, que podem resultar em um ensino mais autêntico, levando o estudante a um entendimento mais crítico.

Nesse viés, Moreira (2014) aponta que a modelagem é essencial na construção cognitiva, na construção científica e na aprendizagem significativa, e reitera que no Ensino de Ciências a mesma vem sendo ignorada, por um ensino que privilegia a aprendizagem mecânica por meio da memorização de respostas corretas.

Sendo assim, nesta dissertação, partimos para a seguinte investigação: quais são as articulações pedagógicas possíveis entre a modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)? E como essas articulações podem ser aplicadas no Ensino de Química?

Nesse sentido, a presente pesquisa possui caráter exploratório que para Gil (2008) têm por finalidade proporcionar uma visão geral do assunto e buscar por aproximações desejáveis entre os fatos. O que coincide com a busca por articulações pedagógicas entre a modelagem e a TAS. Além disso, as pesquisas exploratórias possuem um planejamento mais flexível e se apoia principalmente em pesquisas bibliográficas, com o intuito de propiciar o estudo sobre o tema a partir de vários ângulos.

No que tange ao tipo de abordagem, essa pesquisa tem um enfoque qualitativo, que para Menezes e Silva (2005) considera a relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, levando como base a interpretação dos fenômenos e atribuição de significados. Nesse sentido, Minayo (2012) complementa que essa abordagem se preocupa com um nível de realidade que não pode ser quantificado, focando na reflexão e atribuição de significados diante dos dados coletados.

A presente dissertação é composta de cinco capítulos, estruturada da seguinte forma: o capítulo 1 é intitulado “Modelos e Modelagem como estratégia didática no Ensino de Química”, que trata acerca das definições de modelos para o Ensino de Química, bem como, dos pressupostos teóricos que norteiam o uso da modelagem como estratégia didática.

O capítulo 2, denominado “Teoria da Aprendizagem Significativa: pressupostos teóricos para uso no ensino de química”, visa discutir os principais conceitos da TAS proposta por Ausubel que podem ser utilizados para o Ensino de Química.

O capítulo 3, “Pesquisas em Ensino de Química interfaces com a modelagem e a teoria da aprendizagem significativa”, trata-se de uma revisão de literatura sobre o uso da modelagem e da TAS no Ensino de Química, em que buscamos estudar como essas temáticas são abordadas, bem como, se existem articulações pedagógicas entre elas.

O capítulo 4 é destinado para o estudo do uso da TAS ao longo das etapas da modelagem: elaboração, expressão, testes e avaliação de modelos, bem como a produção de um diagrama que concebe a utilização da modelagem significativa com o intuito de levar em consideração os conhecimento prévios dos estudantes, e os significados atribuídos a eles aos modelos usados para o Ensino de Química.

Por fim, no capítulo 5, é delineada uma proposta de aplicação das articulações pedagógicas encontradas entre a TAS e a modelagem para o ensino de Ligações Químicas, levando em consideração a BNCC e o Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul.

CAPÍTULO 1 - MODELOS E MODELAGEM COMO ESTRATÉGIA NO ENSINO DE QUÍMICA

1.1 Modelos no Ensino de Química: Concepções e Aplicações

O termo modelos é bastante polissêmico na literatura, entretanto no Ensino de Química entende-se como modelo a representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, produzido com propósitos bem definidos, como por exemplo, facilitar a visualização de entidades abstratas, fundamentar a elaboração e teste de hipóteses e/ou novas ideias, facilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do objeto de estudo - conceitos/fenômenos químicos (GILBERT, BOULTER e ELMER, 2000).

Na Ciência existem os modelos mentais, que são concebidos por meio de representações e construções pessoais na mente, ou seja, é um processo intrínseco à cognição humana (JOHNSON-LAIRD, 1983; NERSESSIAN, 1999). No ensino de química, para Silva e Núñez (2007) esses modelos mentais são representações internas geradas na mente do estudante em relação ao objeto de estudo, levando em considerações todas as particularidades do indivíduo.

A partir de processos de socialização, a externalização do modelo mental dá origem ao modelo expresso a partir de alguns modos de representação, como ação, fala ou escrita, tornando assim o modelo mental acessível a todos (GILBERT, BOULTER e ELMER, 2000; SILVA e NÚÑEZ, 2007).

Nesse viés, para Ferreira e Justi (2007), os modelos estão no centro das teorias científicas, e por isso são ferramentas usadas pelos cientistas na produção do conhecimento científico, logo quando um modelo expresso ganha aceitação social por meio de testes e aprovação da comunidade científica, passa a ser visto como modelo científico (MENDONÇA, 2008). Para Lima e Núñez (2004), esses modelos científicos costumam abranger uma diversidade de hipóteses com demasiado grau de abstração, e assumem um papel de mediador entre a teoria e as observações empíricas.

Logo, devido a química como ciência apresentar modelos científicos complexos e intangíveis para o ensino de química como componente curricular, o que geralmente é ensinado em sala de aula, tratam-se de modelos curriculares, ou seja, os conceitos comumente abordados no ensino de química, são produtos de uma transposição didática

dos modelos científicos. Inclusive, para a área de Ciências da Natureza no Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), preconiza que:

“Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (BRASIL, 2017)”.

Dessa forma, o modelo curricular vigente no Brasil para área de Ciências da Natureza do Ensino Médio, toma como base o uso de um modelo curricular abstrato para o ensino de química com foco em subsidiar a tomada de decisões e resolução de problemas.

Neste sentido, visando auxiliar os alunos a aprender aspectos dos modelos curriculares, os professores utilizam modelos didáticos¹, que são representações bi ou tridimensionais, analogias ou simulações computacionais que abrangem conceitos do modelo curricular a ser estudado (GILBERT, BOULTER e ELMER, 2000). Para Lima (2007) o modelo didático deve preservar as características do modelo científico, e apresentar a dinamicidade da Ciência.

Entretanto, Lima e Núñez (2004) relatam que os modelos didáticos costumam ser abordados como simplificações dos modelos científicos, com significados apenas para o docente, sem apresentar significado na estrutura cognitiva dos estudantes, reduzindo então poderá eficácia dos modelos como ferramenta facilitadora para o Ensino de Química. Logo, Justi e Gilbert (2002b) apontam que os modelos didáticos devem levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como sua capacidade de relacionar as analogias entre o modelo científico e o modelo didático.

Enfim, os modelos são importantes ferramentas para a Química e para o Ensino de Química, que podem facilitar o ensino de conceitos demasiadamente abstratos, porém ressalta-se a importância de entender a dinamicidade dos modelos que podem ser mentais, expressos, científicos, curriculares e didáticos, e principalmente que os modelos didáticos sejam produzidos pelo professor para potencialização destes como ferramenta de ensino, levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Dessa forma, no próximo tópico discutir – se – á acerca da modelagem como estratégia didática para subsidiar a construção, adaptação, testes e avaliação de modelos pelos estudantes.

¹Os modelos didáticos na literatura são encontrados como sinônimos de modelos pedagógicos (ISLA e PESA, 2001) ou modelos de ensino (JUSTI e GILBERT 2002a).

1.2 Modelagem no Ensino de Química: fundamentos para o uso como estratégia didática.

Para Clement (1989), há um reconhecimento crescente de que modelos mentais desempenham um papel fundamental na compreensão de conceitos de ciência, e que a aprendizagem pelo processo de construção de modelos (modelagem) é central para a formação de teorias em Ciências e para o Ensino de Ciências.

O processo de modelagem² é complexo e envolve a formulação de hipóteses, construção de modelos, realização de testes empíricos, modificação ou rejeição de modelos para o estudo de conceitos, processos ou fenômenos da Ciência (CLEMENT, 1989; FERREIRA e JUSTI, 2008; MOREIRA, 2014).

Para Halloun (2004) nas atividades de modelagem ocorre um aumento progressivo da complexidade do raciocínio à medida que cada etapa da construção de um modelo é concluída, ou de um modelo para outro quando a adaptação é realizada. Quando são utilizados modelos básicos elementares, no decorrer do processo estes são gradualmente refinados até que se tornem mais adequados para explicar o conteúdo em questão, minimizando as implicações pedagógicas e evitando a formulação de concepções alternativas. Cabe ressaltar que não existe o modelo correto, mas sim um modelo com bom poder de previsão e representação do fenômeno, ou um modelo mais limitado.

Para Clement (2000), esse processo permite ao estudante visualizar conceitos abstratos, por meio da criação de estruturas, de maneira que estas possam facilitar ao mesmo tempo a exploração do objeto de estudo e testar seus modelos. Tal afirmativa vai ao encontro da concepção de que o conhecimento químico se dá em três diferentes níveis: macroscópico, microscópico e simbólico, que para Talanquer (2010), pode se constituir um paradigma para o ensino de química, sendo que esses níveis também são explicitamente destacados por Johnstone (1982), ao qual enfatiza que os cientistas podem trabalhar seus objetos de estudo entre os níveis:

- macroscópico, que é descritivo e funcional, pois neste se dá o ciclo de experimentação, observação e descrição dos fenômenos;
- representacional ou simbólico, no qual os signos, sejam eles químicos ou matemáticos, são utilizados para a representação de conceitos, fenômenos e ideias;

²Em alguns trabalhos a modelagem é tratada como sinônimo de modelização (DUSO et al., 2013) ou modelação (FERREIRA, ALENCOÃO e VASCONCELOS, 2015), porém utilizamos o termo modelagem nessa dissertação por ser um termo mais consolidado e utilizado no Ensino de Ciências e Matemática.

- microscópico ou explanatório, em que os fenômenos naturais ocorrem, como por exemplo, as estruturas atômicas, ligações químicas e etc.

Nesse sentido, Gilbert (2008) relata que ser capaz de operar nesses três níveis, e mentalmente transitar entre eles, é uma habilidade essencial para a compreensão plena das explicações que a ciência fornece para fenômenos naturais. Dessa forma, ao utilizar-se da modelagem como estratégia didática, o docente auxilia o estudante na transição entre os níveis do conhecimento, uma vez que os fenômenos (nível microscópico) são representados parcialmente nos modelos (nível simbólico) e podem ser experimentados pelo discente por testes empíricos ou mentais (nível macroscópico).

Além disso, permite aos envolvidos maiores abordagens sobre o conhecimento do ambiente da ciência e de como se dá a construção do conhecimento científico, já que os modelos são ferramentas elementares para fazer ciência (FERREIRA e JUSTI, 2008; MOREIRA, 2014).

No trabalho desenvolvido por Queiroz (2009), a modelagem contribuiu para o desenvolvimento da capacidade de visualização, que é o significado que o discente atribui a uma representação, considerando os momentos em que houve transposição entre os níveis representacionais dos cientistas.

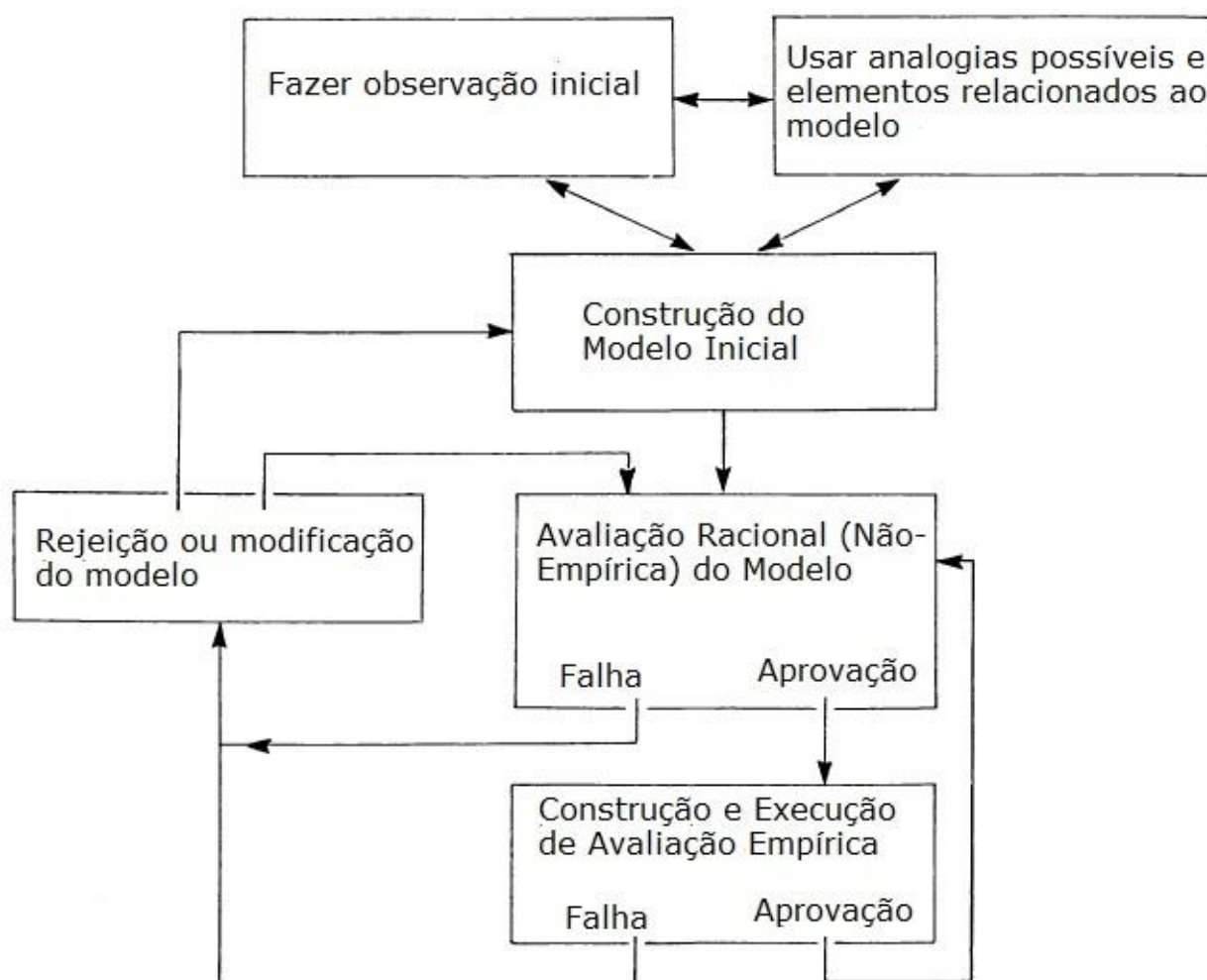
Quando a modelagem é trabalhada em contextos adequados, segundo Maia (2009), a mesma contribui para o desenvolvimento de habilidades investigativas, assim como a busca por ampliar o conhecimento sobre os sistemas em estudo; a seleção de modelos prévios apropriados ao sistema em estudo; a integração de ideia, modelos prévios e informações sobre os sistemas para a elaboração de modelos tendo em vista os objetivos definidos, bem como, analisar a extensão em que o modelo proposto atingiu seus objetivos.

Já Mendonça (2011) destaca que as atividades de ensino fundamentadas em modelagem, além de favorecerem a melhor compreensão dos conceitos envolvidos com o fenômeno alvo da modelagem, podem ampliar a produção de argumentos dos discentes.

Um outro estudo, desenvolvido por Costa (2012), aponta que contextos de ensino fundamentados em modelagem podem favorecer o processo de coconstrução, ou seja, a construção do conhecimento científico por meio de interação entre o educador e o educando ou entre educandos.

A abordagem da modelagem pode ser realizada de diferentes formas, entretanto na literatura há subsídios metodológicos norteiam a modelagem como o Ciclo de Construção de Modelos, proposto por Clement (1989).

Figura 1. Ciclo de Construção de Modelos



Fonte: Clement (1989).

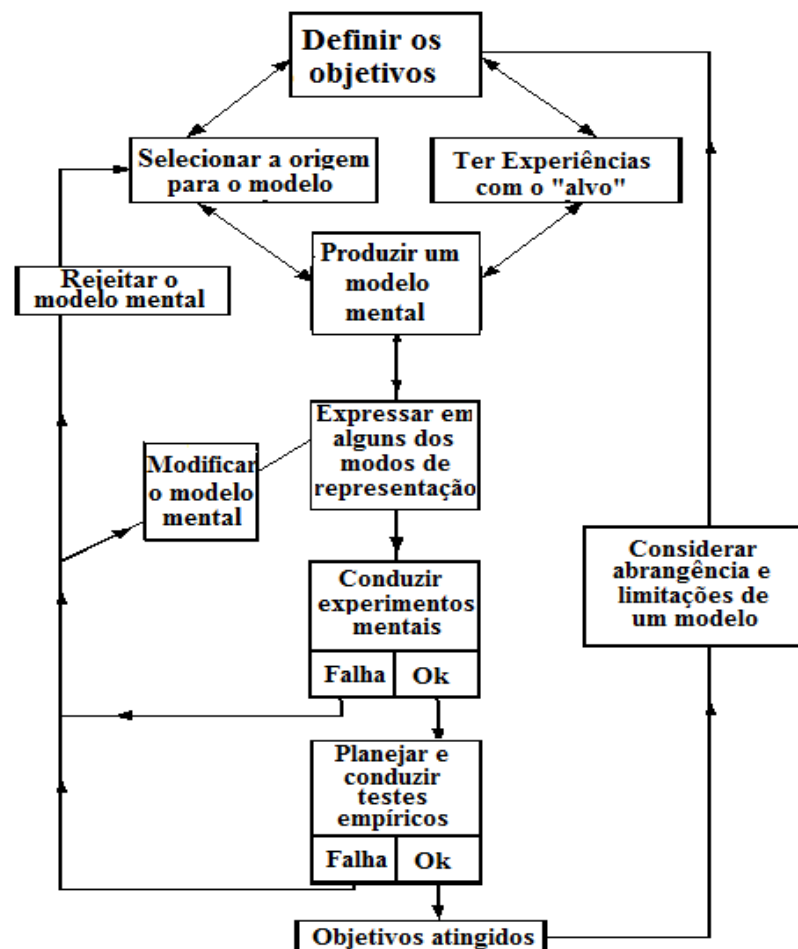
O ciclo de construção de modelos descreve um processo cíclico de geração de hipóteses, experimentos mentais, testes empíricos, e modificação ou rejeição. Nesse modelo é evidente que, quando uma hipótese é avaliada negativamente, pode ser aprimorada por meio de modificações, em vez de ser completamente rejeitada. Assim, pode sofrer uma série de sucessivos refinamentos, o que corrobora a ideia de Halloun (2004) que na modelagem há um aumento gradual da complexidade do modelo.

Para Clement (1989), as setas duplas no ciclo representam a dinamicidade e complexidade do processo de modelar, em que não há uma ordem linear a ser seguida, mas sim orientações de etapas comumente utilizadas por cientistas que podem nortear o uso da modelagem no Ensino de Ciências. A avaliação da hipótese pode ocorrer de duas maneiras principais, por meio do teste empírico e/ou da avaliação racional, entretanto

nenhuma delas fornece uma confirmação completa, pois assim como na Ciência não há uma verdade absoluta, tampouco encontraremos isso nos modelos construídos a partir da modelagem.

Baseado no trabalho de Clement (1989), foi proposto o Diagrama “Modelo de Modelagem” (Figura 2), por Justi e Gilbert (2002a), que ao investigarem as implicações na educação pelo uso de modelos e as concepções dos professores sobre a natureza da modelagem, acrescentaram etapas e realizaram modificações no Ciclo GEM.

Figura 2. Diagrama Modelo de Modelagem.



Fonte: Justi e Gilbert (2002a)

O primeiro processo acrescido por Justi e Gilbert (2002a) trata-se da etapa de “Definir os objetivos,” que para os autores é o ponto de partida para a modelagem, pois todo modelo é construído para uma finalidade específica, ou seja, para descrever um fenômeno ou conceito, e a partir disso, realizar previsões sobre o comportamento da entidade modelada. Tal observação é coerente com a definição de modelo enquanto

representação parcial, logo, se inicia a modelagem a partir da definição de quais objetivos do fenômeno alvo serão representados no modelo (JUSTI, 2006).

As etapas de “Fazer observação inicial” e “Usar analogias possíveis e elementos relacionados ao modelo” estão presentes no Ciclo GEM e no Diagrama “Modelo de Modelagem”. Com os objetivos definidos, inicia-se a etapa de preparação de subsídios para a construção do modelo, a partir de sistemas que possam ser comparados ao fenômeno modelado, e ainda a obtenção de informações sobre o fenômeno alvo a partir de experiências diretas e/ou indiretas, ou aquisição de dados relevantes em fontes externas como artigos científicos (JUSTI, 2015).

Na etapa seguinte, Clement (1989) propõe que deve ser realizada a construção do modelo inicial, entretanto Justi e Gilbert (2002a) divide esta ação em duas subetapas, que são a de “Produzir um Modelo Mental” e “Expressar em alguns dos modos de representação”.

Logo, a respeito do modelo mental, Johnson-Laird (1983) afirma que é uma forma de representar internamente uma realidade externa. Analogamente, pode comparar com blocos cognitivos que podem se organizar e reorganizar para diferentes finalidades. Entretanto, por ser cognitivo, o modelo mental é acessível apenas para o próprio indivíduo, sendo assim, se a modelagem for realizada em grupo, o diálogo se torna uma ferramenta útil para a chegada a um modelo mental consensual, em que todos concordam ter o mesmo modelo para o fenômeno alvo em sua estrutura cognitiva (GANDRA e FARIA, 2014).

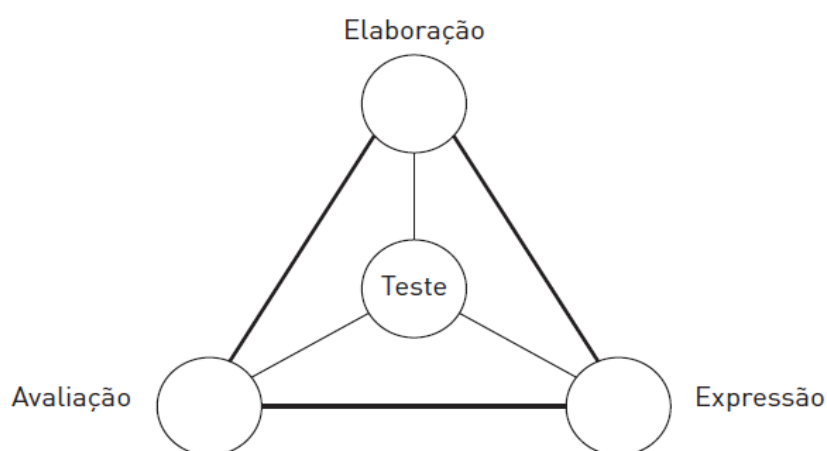
Em seguida, o modelo mental é externado em algum modo de representação, sendo que esse processo implicará em constantes reformulações do modelo mental e expresso, para que fique o mais coerente possível, visto a dificuldade de construir exatamente o que pensamos (JUSTI, 2006). Além disso, ressalta-se que os modos de representação podem ser: concreto, bidimensional, virtual, verbal, gestual e matemático (JUSTI, 2015).

Na fase final, Clement (1989) aponta a necessidade de realização de avaliação racional e empírica, enquanto Justi e Gilbert (2002a) tratam essas etapas como realização de testes mentais e empíricos. A justificativa para tal diferença é encontrada no trabalho de Justi (2015), que relata que outros autores entendem por avaliação a adequação dos modelos aos objetivos definidos. No diagrama “Modelo de Modelagem” isso é entendido como testes. Já a avaliação trata-se da aplicação do modelo em diferentes contextos para análise das abrangências e limitações.

Sendo assim, os testes podem ser mentais e/ou empíricos, cujo intuito é verificar se o modelo expresso consegue prever e explicar as características do fenômeno modelado, mas caso os resultados falhem, o processo de modelagem retorna à fase inicial, definindo novos objetivos ou reformulando os modelos mentais e expresso. Caso os resultados sejam positivos, e os objetivos sejam atingidos, deve ser feita a avaliação, no sentido de averiguar qual é a abrangência e quais são as limitações do modelo expresso (JUSTI e GILBERT, 2002a; JUSTI, 2006; JUSTI, 2015).

Após várias aplicações (MAIA e JUSTI, 2009; MENDONÇA e JUSTI, 2009; SOUZA e JUSTI, 2012), o diagrama “Modelo de Modelagem” foi reformulado para a segunda versão (Figura 3), em que um tetraedro em seus vértices possui as fases principais da modelagem (avaliação; expressão; elaboração e teste), de modo a permitir que as etapas aqui discutidas aconteçam de modo não linear e dinâmico, assegurando, por exemplo, que na fase de expressão sejam feitos testes, e que ainda avaliação sejam feitas adequações na expressão entre outras (JUSTI, 2015).

Figura 3. Diagrama “Modelo de Modelagem” - versão 2.



Fonte: Gilbert e Justi (2016).

Cabe ressaltar que em outro trabalho, Clement (1989), os testes e avaliação são abordados como sinônimos, entretanto, para esses autores, os testes compreendam a verificação da coerência entre o modelo e os objetivos definidos para ele, enquanto a avaliação trata-se de considerar a abrangência do poder de previsão do modelo, bem como a definição de suas limitações (JUSTI, 2015; GILBERT e JUSTI, 2016).

No próximo capítulo discutimos sobre os principais conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, de modo a refletir, a posteriori, como esses princípios podem potencializar o uso da modelagem como estratégia didática.

CAPÍTULO 2 - TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) foi proposta originalmente por David Ausubel (AUSUBEL, 1968) e revisada pelo próprio autor (AUSUBEL, 2003). Trata-se de uma teoria que explica como funciona a recepção e a retenção de conhecimentos por um indivíduo a partir de uma visão cognitivista.

Nesse contexto, a teoria da aprendizagem significativa começa a ser difundida no cenário educacional americano, sendo tratada como uma teoria cognitivista, pois segundo Ausubel existe no indivíduo uma estrutura ao qual aciona a organização e a integração dos seus conhecimentos por meio da estrutura cognitiva, que é a disposição ordenada de conceitos que são representações de experiências do indivíduo (MOREIRA e MASINI, 1982).

Para descrever sobre a TAS utiliza – se os trabalhos originais (AUSUBEL, 1968; AUSUBEL, 2003) e de outros de autores reconhecidos nacional e internacionalmente (NOVAK e GOWIN, 1984; MOREIRA e MASINI, 1982; MOREIRA 2006; MOREIRA, 2012; MOREIRA, 2013 e MOREIRA, 2014). Para facilitar a compreensão das ideias principais usadas por Ausubel, destaca – se alguns termos em *italico*.

Tratando-se mais especificamente da Aprendizagem Significativa, Moreira (2012a) afirma que está ocorre quando o indivíduo interage novas ideias, expressas simbolicamente, de modo substantivo (não literal) e não arbitrário com informações já disponíveis em sua estrutura cognitiva, em que não arbitrário significa que tal interação ocorre com conhecimentos específicos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Tais conhecimentos são denominados por Ausubel de *subsunçores*, que podem ser um conceito, ideia ou proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, capaz de servir como “âncora” para que um novo conceito adquira significado para o aprendiz, sendo assim, incorporada em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006). Para Beber e Del Pino (2017), o produto da Aprendizagem Significativa é justamente a interação do subsunçor com o novo conceito, que resultará na modificação de ambos, uma vez que o subsunçor se tornará mais elaborado e amplo, e o novo conceito receberá um significado, podendo ou não servir como subsunçor para novos conceitos.

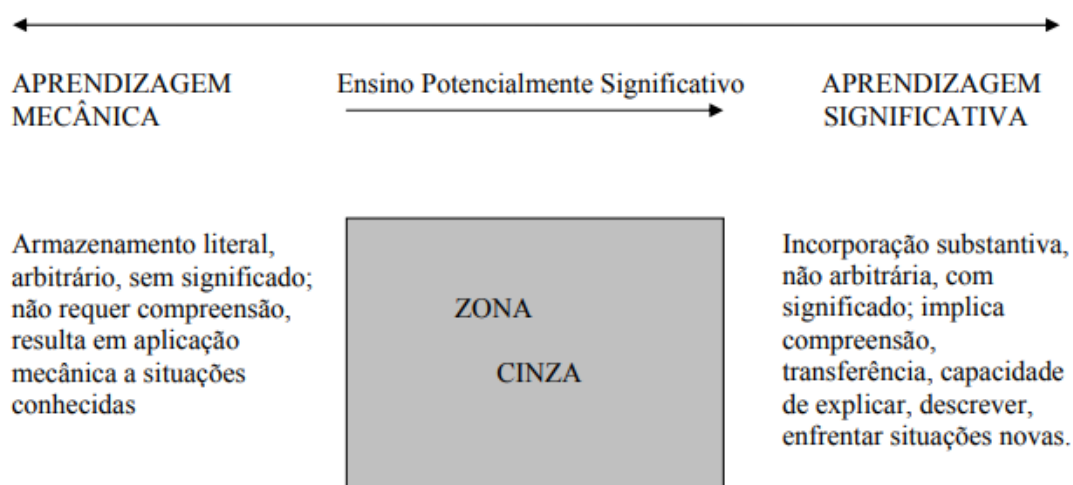
Na química, por exemplo, se o novo conceito apresentado for o de ligações iônicas ou covalentes, os subsunçores para a ancoragem desse novo conceito podem ser:

átomos, núcleo, prótons, elétrons, íons, distribuição eletrônica, tabela periódica entre outros.

Outro fator preconizado pelo autor para que ocorra aprendizagem significativa é a predisposição do indivíduo para aprender, pois para Moreira e Masini (1982), caso o indivíduo tenha a intenção apenas de memorizar os conceitos de modo arbitrário e literal, tanto o processo quanto o produto da aprendizagem serão mecânicos, ou seja, sem significado. Nesse sentido, é comum que no ensino de química abordado apenas de forma tradicional, os estudantes busquem processos mnemônicos para memorizar conceitos e fórmulas, como por exemplo, a distribuição eletrônica ou a tabela periódica, por acreditarem que esses conceitos são exclusivos da química, sem significado e aplicação ao cotidiano

Isso não significa que o produto da aprendizagem mecânica fique em um vácuo cognitivo, mas que ao se relacionar arbitrariamente e literalmente, ficam retidos por curtos períodos de tempo. Entretanto, para Ausubel (2003) a aprendizagem mecânica possui consequências significativas para aprendizagem, bem como, a aprendizagem significativa e mecânica não são dicotômicas, mas estão em um mesmo contínuo (Figura 4).

Figura 4. Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.



Fonte: MOREIRA (2012)

Conforme Moreira (2012), grande parte da aprendizagem situa-se na “zona cinza”, sendo o ensino potencialmente significativo responsável pela progressão para a aprendizagem significativa. Reitera-se, ainda que essa progressão não é natural, ou seja,

o indivíduo que aprende de modo mecânico inicialmente não terá a aprendizagem ao final significativa.

Dessa forma, no ensino de química os estudantes podem aprender os conceitos de estrutura atômica (próton, nêutron, elétron, núcleo, massa atômica, distribuição eletrônica, número atômico) por memorização (aprendizagem mecânica), e tais conceitos podem servir de subsunçores para ancoragem de novos conceitos, como ligação química, de forma significativa. Para isso, o ensino potencialmente significativo deve considerar os subsunçores adequados, a predisposição do indivíduo em aprender e um material potencialmente significativo.

A respeito do material de ensino potencialmente significativo, este possui uma disposição sequencial conforme a hierarquia de relação entre os conceitos que se pretende ensinar, bem como, utilizar-se de uma linguagem adaptada ao estudante, que explorem os conceitos de modo verbal, experimental, tridimensional, figurativamente ou graficamente, desde que apresente sentido para o aprendiz (MOREIRA, 2006; FRASSON, LABURÚ e ZOMPERO, 2019).

Para Ausubel (2003) a aprendizagem significativa por recepção³ não é um processo passivo como o recorrente em âmbito educacional, mas sim, um processo ativo, em que ocorre uma interação entre as ideias do material apresentado e as ideias já ancoradas na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Dessa forma, numa perspectiva de aprendizagem do tema ligações químicas, quando este assunto é abordado por um ensino potencialmente significativo, o indivíduo o recebe ativamente, ou seja, relaciona os conceitos de ligações químicas com os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva sobre átomos, elétrons, prótons, distribuição eletrônica, entre outros.

Para o ensino potencialmente significativo, Ausubel (2003) propôs o princípio organizacional da *diferenciação progressiva*, ao qual se deve partir de conceitos mais inclusivos para conceitos menos inclusivos, de modo hierárquico. Com isso, à medida que a diferenciação progressiva ocorre, tem-se a ressignificação dos subsunçores e a incorporação de novos conceitos na estrutura cognitiva. Esse processo, segundo Moreira (2000), preza pela abordagem do que é o que é mais relevante deve ser apresentado primeiro; e em seguida, praticado por meio de exemplos, questões, sendo as ideias gerais e inclusivas retomadas regularmente para fortalecer a diferenciação progressiva.

³A aprendizagem significativa por recepção ocorre quando os conceitos são apresentados em sua forma final ao estudante com base em seus subsunçores (AUSUBEL, 2003).

No ensino de química, por exemplo, inicialmente se ensina que as moléculas são formadas pela união de átomos por meio de ligações químicas. À medida que o indivíduo compreende o termo ligações (conceito mais inclusivo), por meio da diferenciação progressiva, este levará a compreensão de ligações iônicas, ligações covalentes e ligações metálicas (conceitos menos inclusivos), logo o subsunçor de ligações poderá ficar mais claro, mais diferenciado e estável na estrutura cognitiva do indivíduo.

Outro processo que ocorre concomitante à diferenciação progressiva é o processo de *reconciliação integrativa*, que elimina diferenças aparentes e integra os significados, partindo dos conceitos específicos (menos inclusivos), fazendo correlações, até chegar-se nos mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA, 2006). Isso possibilita explorar de forma direta as conexões entre os conceitos e proposições, alertando para as diferenças e similitude, possibilitando reconciliar inconsistências objetivas e superficiais.

Se retomarmos à ideia de ligações químicas (conceito mais geral), a partir da diferenciação progressiva, podem se estabelecer os conceitos de ligações iônicas, covalentes e metálicas, mas ao complementar as ideias e retomar os conceitos de cada tipo de ligações, as relacionando, pode-se provocar a reconciliação integrativa, re significando o conceito de ligações químicas.

Cabe destacar que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos fundamentais para a construção da estrutura cognitiva do indivíduo durante a aprendizagem significativa. Para Moreira (2012), se apenas realizarmos a diferenciação progressiva, terminaremos percebendo que tudo é diferente, e se apenas reconciliarmos, perceberemos que tudo é igual, ou seja, ambos os processos são simultâneos e relevantes para a aprendizagem significativa. Para Moreira (2006), a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são também os eixos norteadores da organização da matéria de ensino e o estabelecimento do que vem sendo abordado nas aulas e aprendido.

Outra recomendação de Ausubel (2003) trata-se da *organização sequencial* que é a ordenação dos tópicos, de forma a permitir uma correspondência aliada com as diretrizes da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa de meio interdependente nos conteúdos de ensino. Isso permite que a cada novo conhecimento ela permitirá um maior fomento para aprendizagem subsequente. Nesse sentido, a organização sequencial auxilia a organização de cada tópico da unidade de ensino, logo ensina-se todos os conceitos de estrutura da matéria (átomos, prótons, elétrons, núcleo, íons, distribuição eletrônica, número e massa atômica entre outros). Em seguida, aborda-se os conceitos de tabela periódica (grupos, períodos, blocos e propriedades periódicas)

para então partir para os conceitos de ligações químicas. Dessa forma, a organização sequencial permite que os novos conceitos aprendidos sirvam de subsunçores para a aprendizagem dos conceitos subsequentes.

E ainda, ressalta-se a necessidade de promover a *consolidação*, que se trata de aumentar o grau de clareza e estabilidade dos conhecimentos prévios, antes da introdução de novos conhecimentos. Tal afirmativa é coerente com a premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aquisição e retenção de conhecimentos pela TAS. Ressalta-se aqui que o domínio dos conhecimentos não se trata da memorização, mas sim da consistência e clareza que o indivíduo possui de seus conhecimentos prévios (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012). Para consolidar o aprendizado para Moreira (2013) sugere a utilização de estratégias que propiciem a aplicabilidade do aprendizado como exercícios, situações-problemas, debates, diferenciações, integrações antes de introduzir um novo conhecimento.

Caso seja identificado a ausência de subsunçores Ausubel, propôs uma estratégia para modificar a estrutura cognitiva dos indivíduos por meio da utilização de *organizadores prévios*, que representam um estágio preliminar de ancoragem dos conhecimentos para que a nova aprendizagem ocorra e permita o avanço conceitual facilitando a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2000). Com isso, Ausubel apontou os organizadores prévios como um mecanismo que possibilita a aprendizagem significativa, que devem ser abordados antes do material potencialmente significativo, constituindo-se numa ponte entre o conhecimento que o estudante já possui e o que ele precisa avançar previamente, antes de aprender de forma significativa a situação apresentada (MOREIRA, 2013).

Para Ausubel (2003) organizadores prévios podem auxiliar o processo de diferenciação progressiva ao serem inseridos na etapa inicial de cada tópico, discutindo como esse assunto se diferencia dos anteriores. Os organizadores prévios podem, ainda, ser utilizados para estruturar os pontos convergentes e divergentes entre os conceitos novos e os já estabelecidos na estrutura cognitiva dos estudantes.

Os organizadores prévios no ensino de química podem ser experimentos, vídeos, simulações, imagens, modelos ou analogias, desde que sejam mais generalizados e abstratos, pois antecedem o material potencialmente significativo. Dessa forma, no contexto da química, por exemplo, quando se aborda o tema tabela periódica, apresenta-se diversas classificações para os mesmos elementos: por blocos, grupos, períodos entre

outras. Uma forma de se utilizar um organizador prévio seria estabelecer uma analogia⁴ entre os elementos químicos com os produtos de um supermercado, onde pode-se evidenciar algumas similaridades: como os elementos são classificados em blocos, períodos e grupos; e como os produtos são classificados por corredores, por setores entre outros, bem como existem diferenças, pois na tabela periódica os elementos são únicos e no supermercado existem quantidades repetidas de um mesmo produto.

Em relação aos tipos de aprendizagem significativa, existe a *aprendizagem representacional*, que permite a atribuição de significados a símbolos, na sua verbalização de símbolos como objetos ou acontecimentos que podem ter representação em dois sentidos, seja no símbolo e na sua representação.

Esse tipo de aprendizagem é recorrente na química, pois utilizamos de vários símbolos e representações para estudo dos conceitos científicos. Para representar o elemento químico ouro, podemos utilizar seu símbolo (Au), que possui origem do latim *Aurum*, ou para representar um elemento químico com seus elétrons, podemos utilizar o Diagrama de Lewis, que utiliza-se o símbolo do elemento químico, e “bolinhas” para representar os elétrons da camada de valência.

Já a *aprendizagem conceitual* é uma derivação da aprendizagem representacional em que os conceitos são genéricos, ou mesmo categóricos, que são as abstrações que remetem a atributos e as categorias criteriosas, porém, essenciais da sua origem, em que conceitos são correspondentes aos objetos e acontecimentos aos quais se referem (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012).

Na aprendizagem conceitual, podemos trabalhar de forma mais abstrata, e relacionar o símbolo/representação como o ouro (Au) com o objeto que utilizamos cotidianamente em joias (brincos, pulseiras, correntes), que possuem um alto valor comercial.

Por sua vez, a *aprendizagem proposicional* trata-se da compreensão de ideias expressas por conjuntos de palavras que formam uma proposição, não se trata de apreender o significado de cada palavra isolada ou em grupo, mas sim apreender o significado de novas ideias expressas em forma de proposições (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2013).

Já nesse tipo de aprendizagem, podemos nos utilizar de proposições que auxiliam na compreensão de características mais específicas, como por exemplo,

⁴Analogias são comparações explícitas entre um fenômeno/conceito alvo com uma entidade que seja familiar ao indivíduo (FERRAZ e TERRAZAN, 2001).

podemos abordar que o ouro por ser metal e possui um elevado ponto de fusão. Percebe-se que nesse tipo de aprendizagem valoriza-se a compreensão da proposição de uma propriedade dos metais, e não a compreensão de conceitos isolados como: metal ou fusão.

Já acerca das formas de aprendizagem significativa, podem ocorrer de forma *subordinada*, em que o novo conhecimento a ser aprendido relaciona-se de maneira subordinada aos conhecimentos prévios, ou seja, o conhecimento prévio é mais geral, e o novo conhecimento é mais específico, entretanto a relação entre os dois é um processo dinâmico, no qual o indivíduo atribuirá um significado para o novo conhecimento e modificará o conhecimento prévio, tornando-o um ancoradouro mais estável e mais rico para novos aprendizados (AUSUBEL, 2003).

Nessa forma de aprendizagem prevalece a diferenciação progressiva em que o novo conhecimento é mais específico do que os conhecimentos prévios, ou seja, o indivíduo tem o conhecimento do significado de ligações químicas, logo quando aprende as ligações iônicas, covalentes e metálicas, estas se dão de modo subordinado a ideia inicial de ligações químicas.

Outra forma de aprendizagem significativa é a *superordenada*, em que o novo conhecimento é mais geral, que os lhe deram origem. Dessa forma, o novo conhecimento ao receber um significado, reorganiza a estrutura cognitiva, tornando os conceitos que lhe originaram subordinados (MOREIRA, 2013).

Nessa forma de aprendizagem privilegia-se a reconciliação integrativa, logo, se o indivíduo aprende de modo significativo as ligações iônicas, covalentes e metálicas, ele pode eliminar as diferenças e integrar as similitudes de modo a formar uma concepção do conceito de ligações químicas.

E, ainda, a aprendizagem *combinatória*, em que os novos conhecimentos se relacionam com diversos conhecimentos prévios, sem subordiná-los ou superordená-los, mas com significados que se assemelham e se relacionam (MOREIRA, 2012). Essa forma de aprendizagem requer, ao invés de um subsunçor ou conhecimento prévio para ancoragem, uma base de subsunçores. Logo, para entender que ácido de Arrhenius é toda substância que em meio aquoso libera como único cátion o íon H^+ , essa nova informação nem subordina nem superordena os conhecimentos prévios da estrutura cognitiva, mas sim, combina com os conceitos de ligações iônicas, substâncias, reações de ionização entre outros.

Para fins da avaliação da aprendizagem significativa, Ausubel relata que pode se dar por meio do uso de questões e situações novas, ou seja, que não são familiares aos

estudantes e requerem máxima transformação do conhecimento existente (MOREIRA e MASINI, 1982).

Nesse sentido, a avaliação na TAS permite determinar o que o aprendiz já sabe antes de iniciar o processo de ensino, possibilita compreender como decorre o processo de aprendizagem para então criar formar melhorá-las, além de permitir acompanhar a eficácia das estratégias de ensino e como organizar e ordenar os conteúdos para analisar até que os objetivos foram alcançados (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980)

Diante do exposto, aponta-se que a TAS possui uma grande potencialidade para o Ensino de Química, pois possibilita que o docente organize estratégias para favorecer a aprendizagem ao determinar o que o estudante já sabe para direcionar a ação educacional, no sentido de contemplar esse conhecimento prévio dos estudantes. Entretanto, é preciso conhecer como a Teoria da Aprendizagem Significativa e Modelagem têm sido abordadas no Ensino de Química, aspecto que será abordado no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3 – PESQUISAS EM ENSINO DE QUÍMICA INTERFACES COM A MODELAGEM E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A revisão da literatura foi realizada a partir de uma seleção inicial de periódicos qualis⁵ A₁ e A₂, a partir da plataforma sucupira do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que fornece os extratos qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), com a classificação de periódicos do quadriênio 2013-2016. Sendo assim, nesses qualis, foram selecionados os periódicos da área de ensino, disponíveis online e gratuitamente em língua portuguesa e espanhola.

Para a pesquisa em cada revista, foi considerado o recorte temporal mais atual de 2010 - 2020, e buscou-se os artigos com abordagem no ensino de química com a ocorrência das seguintes palavras-chave: Modelagem, Construção de Modelos e Aprendizagem Significativa, nos metadados de cada artigo. As palavras foram buscadas de forma isolada ou combinadas no título, resumo ou palavras-chave. Ao todo foram encontrados 92 artigos distribuídos conforme o Quadro 1, em 24 periódicos nacionais e internacionais.

Quadro 1. Distribuição dos artigos encontrados por periódico.

Qualis	Título do Periódico	Quantidade de Artigos
A ₁	Ambiente e Sociedade	1
A ₁	Ciência & Educação	9
A ₁	Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação	1
A ₁	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	3
A ₁	Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos	3
A ₁	Revista Lusófona de Educação	1
A ₁	Enseñanza de las Ciencias	5

⁵ O qualis trata-se de uma classificação da qualidade dos periódicos nacionais e internacionais pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) e se encontra disponível para consulta pelo link: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Acesso em: 08/09/2020.

A ₁	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	4
A ₂	Revista de Ensino de Ciências e Matemática	7
A ₂	Revista Eletrônica de Educação	5
A ₂	Acta Scientiae	9
A ₂	Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	5
A ₂	Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática	5
A ₂	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	8
A ₂	Revista Ciência e Cultura	1
A ₂	Revista Contexto & Educação	7
A ₂	Revista de Educação, Ciências e Matemática	4
A ₂	Revista Exitus	1
A ₂	Imagens da Educação	1
A ₂	Investigações em Ensino de Ciências	2
A ₂	Ensino em Re-Vista	1
A ₂	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	6
A ₂	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1
A ₂	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	2

Fonte: Autoria Própria

A partir da leitura dos resumos, foram retirados do *corpus* de análise os trabalhos que abordam a modelagem em outras áreas do conhecimento, como Física, Biologia e Matemática, por considerar que existem diferenças significativas entre a concepção e o uso de modelagem para cada área de pesquisa em ensino.

No ensino de matemática, a modelagem se configura em um processo dinâmico de construir modelos e previsões para estudar situações-problemas reais (BASSANEZI, 2004). No Ensino de Física, para Veit e Teodoro (2002), a modelagem é uma forma de representação que se pode utilizar de modelos matemáticos, como a Lei da Gravitação Universal de Newton, que é uma equação e que permite realizar cálculos da intensidade da Força Gravitacional, mas não explica o que é gravitação, ou modelos dinâmicos que buscam explicar os conceitos físicos.

Neste sentido, para Duso et al., (2013) a modelagem na Matemática e na Física se assemelham e são bastante estruturadas e difundidas no contexto escolar, por meio da

utilização de funções e equações que consistem em modelos. Entretanto, na Biologia e na Química, a modelagem é menos presente, pelo fato de os modelos serem menos matemáticos e mais conceituais. Entretanto, mesmo que a Biologia e a Química apresentam similaridades no uso de modelos, cada Ciência possui suas singularidades. Logo, nessa revisão de literatura foram considerados apenas os artigos que fomentam o uso de modelos e modelagem no ensino de química.

3.1 Ensino de Química fundamentado em Modelagem.

Ao todo foram encontrados 14 trabalhos em periódicos qualis A₁ e A₂ que utilizaram a modelagem e/ou a construção de modelos como temática na abordagem do Ensino de Química. No quadro 2 encontram-se os resultados obtidos com o título de cada periódico, de cada artigo, seus respectivos autores e o ano de publicação.

Quadro 2. Relação de trabalhos sobre Modelagem no Ensino de Química

Revista	Título do trabalho	Autores	Ano
Ciência & Educação	Mediadores na construção do conhecimento de cm atividades de modelagem	Paula Paganini, Rosária Justi, Nilmara Braga Mozzer.	2014
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	A solubilidade dos compostos iônicos: como os licenciados em química explicam o comportamento do cloreto de prata?	Analice de Almeida Lima e Isauro Beltrán Núñez.	2012
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	Planejamento e condução de discussões sobre natureza da ciência ocorridas em uma situação de ensino fundamentada em modelagem conduzida por uma professora em formação.	Cristiane Martins da Silva e Rosária Justi.	2019
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências	Rosária Justi	2015
Enseñanza de las ciencias	Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica com analogias.	Maria del Mar Aragón, José Maria Oliva e Antonio Navarrete.	2013

Enseñanza de las ciências	Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico	Maria del Mar Aragón, José Maria Oliva e Antonio Navarrete.	2014
Enseñanza de las ciências	¿Los libros de texto de bachillerato introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford?	Josep Luís Doménech Blanco, Francisco Savall Alemany e Joaquín Martínez Torregrosa	2013
Enseñanza de las ciências	Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias	José Maria Oliva	2019
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria	Ramón Cid Manzano e Gabriel Dasilva Alonso	2012
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales	Henry Giovany Cabrera Castillo	2015
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos	Liliana Matus, Alicia Benarroch e Nora Nappa	2011
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência	Vinícius Catão de Assis Souza e Rosária Justi	2012
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de química do ensino médio	Kathamania Vanessa Rezende Santana, Victor Hugo Vitorino Sarmento e Edson José Wartha	2011
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	A importância da simbologia no ensino de química e suas correlações com os aspectos macroscópicos e moleculares	Débora Piai Cedran, Neide Maria Michellan Kiouranis e Jaime da Costa Cedran	2018

Fonte: Autoria Própria.

A priori ficou latente a existência na literatura uma grande quantidade de trabalhos que abordam a modelagem matemática como ferramenta para a resolução de situações-problemas, que apesar de ser correlata a Química, enquanto área do conhecimento, apresenta divergências no que tange a construção de modelos, pois na matemática a modelagem é mais numérica e quantitativa, enquanto na Química é mais conceitual e qualitativa.

No trabalho de Paganini, Justi e Mozzer (2014), aplicou-se atividades fundamentadas em modelagem para o ensino de solubilidade no Ensino Médio, e investigou-se os principais mediadores na coconstrução do conhecimento. Foi possível identificar que o mediador principal para a construção do conhecimento são as ações do professor, em questionar o conhecimento prévio, realizar experimentos empíricos e estimular a discussão acerca dos modelos propostos. Outros mediadores do processo foram as interações entre os estudantes, a argumentação produzida por eles e o modelo expresso.

Percebe-se, a partir desse trabalho, que a modelagem no ensino de química pode ter como facilitador os conhecimentos prévios dos estudantes, que é a variável mais importante para a Aprendizagem Significativa, conforme preconiza Ausubel (2003). Assim, percebe-se aqui correlações entre a modelagem como estratégia de ensino e a Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico de aprendizagem.

Em outro trabalho, que também abordou sobre solubilidade, mas no Ensino Superior, com turmas de Licenciatura em Química, foi realizado por Lima e Núñez (2012). Nessa pesquisa, os autores avaliaram o uso de modelos teóricos de ligação química para explicar a solubilidade do Cloreto de Prata (AgCl). Os resultados evidenciaram que apesar dos licenciandos utilizarem conceitos como a polarização e a energia de solvatação, apresentaram dificuldades na utilização do modelo teórico de ligação iônica, bem como de representar espacialmente os compostos iônicos. Os autores propuseram uma situação-problema e solicitaram que os estudantes resolvessem, semelhante com a modelagem no ensino de física ou de matemática. Logo, para auxiliar que os estudantes possam se apropriar dos modelos teóricos de ligação iônica, o professor pode acompanhar todas as etapas da modelagem, bem como definir objetivos inicialmente para o modelo contemplar.

A partir do trabalho de Paganini, Justi e Mozzer (2014) foi possível perceber o potencial das atividades fundamentadas em modelagem para a construção do conhecimento sobre solubilidade. Em contrapartida, Lima e Núñez (2012) demonstraram

que futuros licenciandos possuem dificuldades em se apropriar de modelos teóricos de ligação iônica para a elucidação da propriedade de solubilidade.

Outra contribuição da modelagem foi apontada pelo trabalho de Silva e Justi (2019), em que avaliaram a condução de discussões sobre Natureza da Ciência (NdC) por uma licencianda. Em linhas gerais, em atividades com experimentos químicos, elaboração, testes e avaliação de um modelo do cloreto de sódio, observaram como a professora em formação explorou os aspectos de Natureza da Ciência. Ficou latente para a pesquisa que a modelagem favorece a discussão sobre NdC, entretanto é preciso de planejamento e uma formação docente voltada para essa área, pois em alguns momentos da pesquisa, a licencianda apenas mencionou aspectos do ser cientista e do “fazer” ciência, mas não explorou e abriu para o debate com os discentes.

A possibilidade de trabalhar a Natureza da Ciência por meio da modelagem é coerente com o estudo de Clement (1989), que elencou as principais etapas que os cientistas realizam durante a construção de seus modelos. Já Justi e Gilbert (2002a) trouxeram essas etapas para o ensino de ciências, de forma que a modelagem, como estratégia didática, apresenta similaridades com a modelagem científica, o que abre espaço para que o docente ao longo da sua abordagem discuta importantes aspectos sobre como a Ciência funciona.

Ainda sobre as implicações e o uso de modelos no ensino de química na formação de professores, Castillo (2015) refletiu sobre como os licenciandos utilizam-se de experiências demonstrativas, modelos e as diferentes formas de representação, e as experiências narrativas na abordagem de temas como: história da química, substâncias puras e misturas, separação de misturas, gases, conservação da matéria, estados físicos da matéria, ligação química, mol, modelos atômicos, reações químicas e tabela periódica. Percebeu que os estudantes utilizavam majoritariamente os modelos visuais que são acessíveis ao nível macroscópico, reiterando, então, a necessidade de abordar a modelagem como estratégia didática nos cursos de formação de professores, para que estes possam utilizá-la em sua prática pedagógica.

Como a química aborda conceitos que se situam no nível submicroscópico (TALANQUER, 2010), a utilização de modelos (nível representacional) pode auxiliar na transição entre o submicroscópico e o macroscópico. Contudo, a pesquisa de Castillo (2015) aponta a dificuldade na formação inicial de professores quanto ao uso de modelos, em que os licenciandos preferem utilizar modelos visuais para a abordagem de conceitos

demasiadamente abstratos como ligações químicas, quantidade de matéria, conservação da matéria entre outros.

Sobre o campo teórico da modelagem, Justi (2015) reanalisa os dados de uma pesquisa anterior sobre o desenvolvimento da argumentação durante a modelagem do conteúdo de ligações iônicas e interações intermoleculares (MENDONÇA e JUSTI 2013). O intuito desse novo trabalho é refletir acerca da capacidade argumentativa necessária em cada etapa da modelagem. As autoras concluíram que a argumentação e a modelagem são indissociáveis como práticas epistêmicas no ensino de química. Esse trabalho é uma construção teórica que pode nortear a elaboração de estratégias didáticas fundamentadas em modelagem que favoreçam a argumentação. A argumentação pode ser desenvolvida em cada etapa, desde elaboração, construção, testes e avaliação do modelo.

Tratando-se do ensino de transformações químicas, Souza e Justi (2012) realizaram um trabalho visando o ensino fundamentado em modelagem articulado com a História da Ciência. Em uma turma de ensino médio, propuseram atividades de modelagem para as diferentes concepções históricas para o tema calor, e identificaram uma evolução da compreensão dos estudantes, que gradualmente reconstruíram os modelos mecanicista e substancialista advindo do senso comum, por diferentes modelos explicativos para o fenômeno de calor.

No que tange a História da Ciência na Química e em outras Ciências diversos modelos foram construídos para explicar conceitos científicos, entretanto, com o avanço das tecnologias esses modelos podem ser aprimorados ou descartados. Nesse sentido, modelar conforme a História da Ciência pode contribuir para compreender o funcionamento da Ciência, bem como auxiliar o refino gradual dos modelos conforme Halloun (2004), estabelecendo a transição de modelos do senso comum para modelos científicos.

Ainda a respeito do ensino de transformações químicas, Aragón, Oliva e Navarrete (2014) estudaram o uso de analogias para o desenvolvimento de competências e habilidades da modelagem em Química. Participaram deste trabalho estudantes da Educação Secundária Obrigatória (ESO) da Espanha, que equivale ao Ensino Médio no Brasil. Os resultados apontaram que a modelagem, articulada ao uso de analogias se demonstrou com potencial para além de ensinar os conceitos de transformações químicas, o desenvolvimento de habilidades e competências inerentes a Química enquanto Ciência. Os resultados aqui evidenciados endossam a premissa de que a modelagem contribui para

a compreensão além de conceitos científicos, e permite a aprendizagem sobre o funcionamento da Ciência.

Em outro trabalho Aragón, Oliva e Navarrete (2013), a partir de uma proposta didática com analogias, avaliaram a evolução dos modelos explicativos sobre os conceitos de transformações químicas. Os resultados implicam que a maior parte dos estudantes inicialmente utilizou de modelos explicativos macroscópicos, por serem mais intuitivos e acessíveis, porém a partir das atividades de analogias fundamentadas em modelagem, os estudantes gradualmente evoluíram para o uso de modelos icônicos (representacionais), e alguns chegaram a utilizar os modelos submicroscópicos, que são mais abstratos, porém descrevem com maior poder de previsão os fenômenos químicos.

Com base nas experiências supracitadas (ARAGÓN, OLIVA E NAVARRETE, 2013; 2014), Oliva (2019) realizou uma discussão teórica acerca das diferentes ideias para a modelagem no Ensino de Ciências e de Química. Em síntese, o autor destaca a existência de cinco acepções diferentes para a modelagem que são:

1. A modelagem para a progressão e evolução dos modelos;
2. A modelagem como prática científica;
3. A modelagem como competência;
4. A modelagem como instrumento;
5. A modelagem como estratégia didática para o Ensino de Ciências.

Dessa forma, Oliva (2019) aponta que apesar do uso dos diferentes termos e acepções para a modelagem, muitas vezes essas ideias se complementam implícita ou explicitamente em diversos trabalhos presentes na literatura. Ainda, reitera a necessidade de convergir todas as abordagens para que a modelagem no Ensino de Ciências e Química se torne cada vez mais consolidado.

Ressalta-se que essas acepções para a modelagem se inter-relacionam, pois a modelagem enquanto prática científica (CLEMENT, 1989) foi utilizada como base para a modelagem como estratégia didática (GILBERT e JUSTI, 2002a), por meio da modelagem tanto na Ciência quanto no Ensino de Ciências promovem o refino gradual dos modelos (HALLOUN, 2004), e trabalhos como (ARAGÓN, OLIVA E NAVARRETE, 2013; JUSTI, 2015) revelam as contribuições da modelagem para o desenvolvimento de competências e habilidades, e ainda o uso de modelos como instrumento/ ferramenta de ensino que permite comparações entre

No que tange a utilização de modelos no Ensino de Química para abordar a temática de modelos atômicos em livros didáticos, encontramos o estudo de Manzano, e

Alonso (2012) sobre os livros do ensino secundário da Espanha, e o trabalho de Blanco, Alemany e Torregrosa (2013) sobre livros do bacharelado em Química. Ambos os estudos utilizaram-se de critérios epistemológicos e de história da ciência para balizar a análise, e os resultados foram convergentes para o apontamento de que as abordagens sobre os modelos atômicos não levam em consideração o funcionamento e a epistemologia da ciência, pouco valorizam a evolução dos modelos, e em muitos casos reduzem o modelo atômico ao experimento que contribuiu para sua origem.

Também analisando livros textos, Matus, Benarroch e Nappa (2011) investigaram o uso de imagens como modelos no ensino de ligações químicas, em livros da educação primária, secundária e universitária da Argentina. Logo, identificou-se um aumento gradual da complexidade dos modelos usados para cada nível, em que os livros textos da educação primária privilegiam modelos mais icônicos e concretos, como por exemplo, representar estruturas químicas por bolas, enquanto na educação secundária um pouco mais abstrato, utilizando-se de modelos mais formais como as estruturas de Lewis, e no nível universitário, mais abstrato ainda, utilizando-se de modelos quânticos (incluindo orbitais, nuvem eletrônica entre outros).

Além disso, quando Santana, Sarmiento e Wartha (2011) estudaram as concepções de modelos atômicos e estrutura celular, perceberam a incoerência dos estudantes em conceber que os átomos são a menor parte da matéria tanto de seres vivos como da matéria inanimada. Tal evidência fica clara quando os estudantes reduzem uma gota de água (matéria inanimada) a sua menor parte sendo o átomo, e um cachorro (ser vivo) a sua menor parte sendo a célula, ou seja, apresentam a concepção alternativa de que as células não são compostas de átomos. Tal estudo nos leva a reflexão do papel da modelagem como prática epistêmica, no sentido de aproximar o estudante do funcionamento da Ciência visando a superação de obstáculos epistemológicos.

Em consonância com esse estudo, Cedran, Kiouranis e Cedran (2018) avaliaram os conhecimentos de ingressantes do Ensino Superior acerca dos símbolos e modelos comumente utilizados em Química. Os resultados dessa pesquisa apontaram que os estudantes conhecem os símbolos, mas possuem dificuldades em utilizá-los na construção de modelos. Essa observação reitera a necessidade do ensino fundamentado a modelagem no ensino médio para que os discentes construam um conhecimento sólido sobre a Química e o funcionamento da Ciência.

Em suma, a presente revisão de literatura evidencia as diversas contribuições do ensino fundamentado em Modelagem para o Ensino de Química, que vão além da

aprendizagem de conceitos, como também a coconstrução do conhecimento (PAGANINI, JUSTI e MOZZER, 2014), de aspectos de Natureza da Ciência (SILVA e JUSTI, 2019) , História da Ciência (SOUZA e JUSTI, 2012), o desenvolvimento da capacidade argumentativa (MENDONÇA e JUSTI, 2013; JUSTI, 2015) e de competências e habilidades científicas (ARAGÓN, OLIVA e NAVARRETE, 2014).

Em contrapartida, outros estudos apontam a fragilidade da abordagem sobre modelos em livros didáticos (MANZADO e ALONSO, 2012; BLANCO, ALEMANY E TORREGROSA, 2013; MATUS, BENARROCH e NAPPA, 2011), e a formulação de concepções alternativas ou reducionistas acerca dos conceitos químicos (SANTANA, SARMENTO e WARTHA, 2011; ARAGÓN, OLIVA e NAVARRETE, 2013; CEDRAN, KIOURANIS e CEDRAN, 2018).

Outro fator constatado é que a literatura do Ensino de Química, a partir de atividades fundamentadas em modelagem, não tem utilizado de referenciais teóricos de aprendizagem, como por exemplo, propomos nessa dissertação o uso da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Logo, no próximo capítulo objetivamos a construção de um “arcabouço” teórico para a articulação pedagógica entre a modelagem e a TAS.

CAPÍTULO 4 – ARTICULAÇÕES ENTRE A MODELAGEM E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para articular o ensino fundamentado em modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa, utilizaremos como base as quatro etapas essenciais para a modelagem, destacadas por Gilbert e Justi (2016): Elaboração, Expressão, Testes e Avaliação.

4.1 Elaboração do Modelo

O processo de elaboração de um modelo inicia-se na definição dos objetivos (JUSTI, 2006), ou seja, se os modelos são entendidos como representações parciais de conceitos, objetos, ou ideias, logo o ponto de partida é definir as características do fenômeno alvo a ser modelado. Para embasar essa definição de objetivos, é imprescindível que o docente identifique os subsunçores que o estudante apresenta em sua estrutura cognitiva acerca do fenômeno modelado (AUSUBEL, 2003).

Caso os estudantes apresentem os subsunçores adequados para a ancoragem do novo conhecimento (fenômeno modelado), pode-se introduzir o material de ensino potencialmente significativo afim de fornecer as experiências com o fenômeno modelado. Para Mendonça e Justi (2009), tais experiências podem ser diretas ou indiretas, qualitativas ou quantitativas, simultaneamente, ocorre a seleção de fontes de origem para o modelo, que podem ser analogias, equações matemáticas ou modelos preexistentes que sirvam de base para a elaboração do novo modelo. O fato do material ser potencialmente significativo, e não apenas significativo, reside no fato que o significado se encontra no estudante e não no material em si (AUSUBEL, 2003), ou seja, depende do significado que o aprendiz irá atribuir ao material, além do fato de que o material potencialmente significativo é produzido a partir dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Uma vez que o estudante não apresente subsunçores suficientes para aprendizagem da nova informação do fenômeno alvo, é possível utilizar-se de organizadores prévios, que para Moreira (2013b), trata-se de um material com maior grau de abstração e generalização e que antecede o material potencialmente significativo, com

o intuito de atuar como um “ancoradouro” provisório, estabelecendo uma relação entre o que indivíduo sabe e que precisa saber para apreender a nova informação.

Nesse sentido, os organizadores prévios podem ser uma simulação, uma situação problema, uma leitura prévia, um experimento, que para a modelagem fornecerá também uma experiência prévia com o fenômeno alvo. Para Justi (2006), essa experiência pode ser na própria estrutura cognitiva do indivíduo (subsunçores) ou em fontes externas (organizadores prévios).

Esses organizadores prévios podem ser expositivos quando os estudantes não possuem nenhuma familiaridade com o material potencialmente significativo, ou comparativos, quando os estudantes possuem um conhecimento parcial do material (MOREIRA, 2008).

Dessa forma, os organizadores prévios comparativos podem subsidiar a seleção de fontes de origem para o modelo, que se tratam de sistemas aos quais podemos estabelecer analogias com o fenômeno modelado, ou ainda, equações matemáticas ou outros modelos que sirvam como base (MENDONÇA e JUSTI, 2009).

Após a apresentação do material potencialmente significativo com/sem o uso dos organizadores prévios, e realizada a experiência com o fenômeno alvo e a seleção da fonte de origem para o modelo, inicia-se a elaboração do modelo mental. Nesse momento, levando em consideração a idiosincrasia, ou seja, a particularidade de cada estudante, bem como a atribuição de significados para as novas informações adquiridas em consonância com a resignificação dos conhecimentos preexistentes, trata-se de um primeiro momento para ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003), para isso é necessário como propriamente dito que a interação entre os conhecimentos seja não-literal e não-arbitrária.

Para Borges (1997), os indivíduos constroem modelos mentais simples de fenômenos que conseguem perceber e/ou imaginam ser reais, entretanto à medida que seu conhecimento aumenta sobre o fenômeno, esses novos conhecimentos são incorporados, tornando os modelos mentais mais refinados.

Enfim, para quando a modelagem ocorrer em grupos, ressalta-se que é preciso que por meio do diálogo, que os estudantes cheguem a um modelo mental consensual, em que todos concordem estar pensando no mesmo modelo mental.

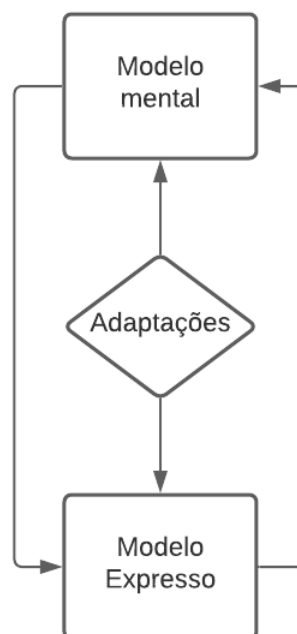
4.2 Expressão do Modelo

Como o modelo mental se encontra na estrutura cognitiva do indivíduo, só o mesmo possui acesso, logo para que todos possam conhecer é preciso realizar a materialização do modelo a partir da fase de expressão (MOZZER e JUSTI, 2018). Para Gilbert (2004), na Ciência e no Ensino de Ciências são comuns os seguintes modos de expressão:

- Modelos concretos: são tridimensionais, geralmente elaborado com materiais resistentes de baixo custo ou não;
- Modelos verbais: trata-se de um modelo descritivo, que expõe as entidades e as relacionam;
- Modelos simbólicos: são símbolos, equações ou fórmulas;
- Modelos gestuais: que se utiliza da linguagem corporal;
- Modelos virtuais: se utiliza de softwares ou simulações computacionais.

Para Souza e Justi (2009), nessa fase ocorre alterações constantes entre os modelos mentais e expressos, até que ambos estejam satisfatoriamente em consonância (Figura 5).

Figura 5. Interação dinâmica entre modelo mental e expresso.



Fonte: Autoria Própria

Também nessa fase Barrozo (2017) aponta que ocorre a interação, a discussão e a reflexão entre os indivíduos para a expressão do modelo mental consensual. Tais

discussões vão fomentar a expressão de características dos fenômenos alvos nos modelos conforme o objetivo definido, nesse processo pode ser estimulado a realização da diferenciação progressiva que é um princípio organizacional que parte do mais geral ao mais específico (AUSUBEL, 2003), ou seja, a relação modelo mental-expresso inicia-se de forma mais abrangente e à medida que adquire características, se torna específica atingindo ou não os objetivos definidos. E devido à reversibilidade do processo dinâmico, também ocorre a reconciliação integrativa, quando se eliminam algumas diferenças, estabelecem similaridades e o modelo mental se aproxima do modelo expresso.

4.3 Testes do Modelo

Os testes no modelo expresso são realizados, a fim de identificar quais objetivos foram atingidos, bem como as representações e conceitos que o modelo contempla a respeito do fenômeno alvo modelado. Para Justi (2006), os testes podem ser mentais e/ou empíricos dependendo do fenômeno alvo modelado e das condições de realização de testes. Para Louca e Zacharia (2011), na realização desses testes, devem se comparar cada característica representada no modelo com a entidade modelada, o que fomentará melhorias e um refino gradual do modelo proposto ou ainda um descarte do modelo expresso, retornando ao início do processo de modelagem.

Esse processo de refino gradual do modelo concorda com o trabalho de Halloun (2004), que reitera o aumento da complexidade de um modelo a partir da realização de testes e consecutivas reformulações do modelo. Logo, tais observações apontam novamente a possibilidade de diferenciação progressiva como supracitado, ou ainda, uma reconciliação integrativa, quando os testes mobilizam conhecimentos específicos que se rearranjam dando origem a conhecimentos mais gerais que podem guiar para uma reformulação ou rejeição do modelo expresso.

Nesse sentido, Moreira (2014) considera que a modelagem na Ciência e no Ensino de Ciências é essencial para a construção científica e cognitiva e que ainda a modelagem pode favorecer a aprendizagem significativa, uma vez que contempla, dependendo da estratégia pedagógica adotada pelo docente, princípios como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Schwarz et al (2009) estudaram o ensino fundamentado em modelagem como prática epistêmica para uma aprendizagem significativa, e identificaram alguns desafios a serem considerados no uso da modelagem para essa finalidade, dentre elas, destaca-se a necessidade de demonstrar aos estudantes a necessidade de revisar e reformular os

modelos construídos, de modo a torná-los mais refinados e sofisticados na representação do fenômeno alvo. Para essa finalidade, os testes, sejam ele mentais ou empíricos, fomentam um momento reflexivo de diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa, que permitem verificar quais estruturas representadas foram contempladas e quais necessitam reformulações.

4.4 Avaliação dos modelos

A avaliação de modelos aqui é entendida como a etapa de analisar o efeito de previsão dos modelos, bem como, suas limitações na representação do fenômeno em diferentes contextos (JUSTI, 2015). Para tanto, podemos utilizar da repetição multicontextual, que para Ausubel (2003) ajuda a tornar o material mais consolidado, e os conceitos mais estáveis e abrangentes na estrutura cognitiva, logo, outros materiais subsequentes de outros conceitos que são dependentes dos conceitos presentes no modelo exposto poderão ter a aprendizagem significativa facilitada.

No que tange essa avaliação de modelos, Halloun (2007) cria um esquema de modelagem para garantir que a construção de um modelo seja realizada de forma científica, para tais elencam quatro dimensões a serem trabalhadas, que são escopo, expressão, organização e quantificação, sendo que duas têm papel ontológico que visa definir a função do modelo, e duas possuem caráter organizacional, objetivando avaliar o escopo e a abrangência do modelo. Nessa avaliação, recomenda-se a investigação de aspectos como as limitações do modelo, as diferenças e complementaridades deste modelo construído com outros para elucidação da mesma teoria ou fenômeno alvo.

Nesse interim, Harrison e Treagust (1998) ressaltam a importância de envolver os estudantes em atividades de modelagem, e quanto à avaliação, deve ficar claro que não existe modelo correto, ou seja, todos apresentam em algum momento limitações, e que nesse contexto permite que existam múltiplos modelos para explicarem o mesmo fenômeno alvo. E ainda, essa visão contribui para que o estudante perceba que o conhecimento científico, bem como os modelos, é relativo e contextualmente limitado.

Apoiados na limitação que o contexto agrega ao uso de modelos, a repetição multicontextual, como supracitado, pode agregar para o aumento da abrangência dos modelos, até que se tornem satisfatoriamente explicativos para o fenômeno alvo (AUSUBEL, 2000). Para utilizar-se desse recurso, podemos recorrer a uma nova situação de aprendizagem, em que o professor e os estudantes, no âmbito da modelagem, podem aplicar o modelo exposto testado para explicar diferentes situações que se correlacionam com o conceito modelado. Logo, a repetição multicontextual, aqui entendida, refere-se à

avaliação do modelo e não da aprendizagem do discente, e os resultados inerentes dessa avaliação poderão subsidiar a retomada de conteúdos a partir da adaptação do modelo e a retomada de todo o ciclo da aprendizagem.

Agora no que tange a avaliação da aprendizagem significativa, para Ausubel, Novak e Hanesian (1978), a ocorrência de aprendizagem significativa pode ser realizada por meio de uma nova situação de aprendizagem, que não seja familiar ao aprendiz, mas que seja possível mobilizar os conceitos apreendidos para a resolução.

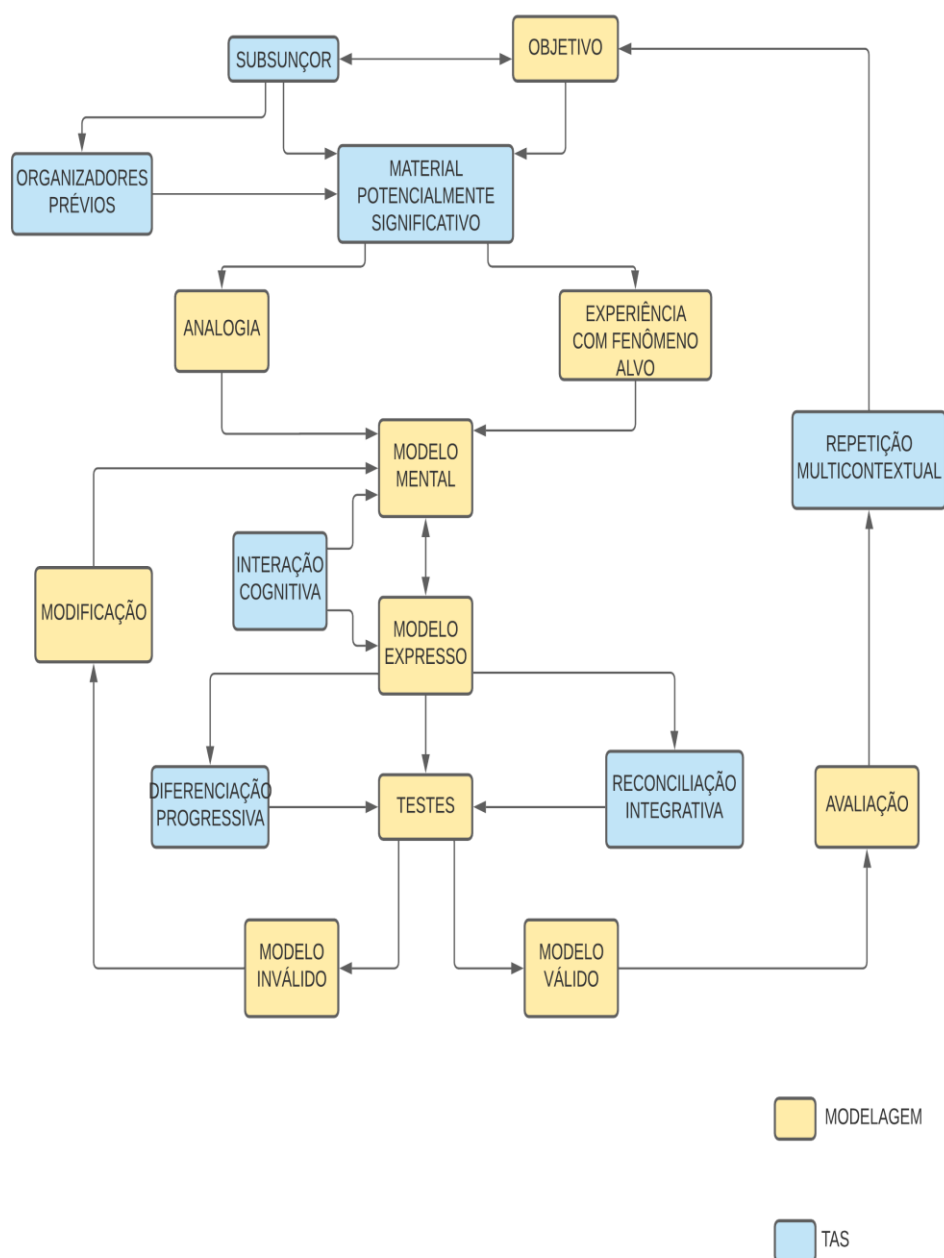
Para Moreira (2012), a avaliação da aprendizagem significativa deve ser formativa e continuada, buscando a investigação de evidências de ocorrência da aprendizagem significativa, ao invés, de apenas concluir se houve ou não. Tais pressupostos são coerentes com a modelagem, uma vez que as quatro etapas (Elaboração, Expressão, Testes e Avaliação) não são lineares, mas sim, dinâmicas e interdependentes entre si, como mostra a versão 2 do diagrama “Modelo de Modelagem” (figura 3), proposta por Gilbert e Justi (2016).

4.5 Modelagem Significativa: articulações pedagógicas entre Modelagem e TAS.

A modelagem no Ensino de Ciências possui referenciais teóricos como Clement (1989), Justi e Gilbert (2002a), Halloun (2007) e Gilbert e Justi (2016), que apresentam diferentes formas descritivas para nortear a modelagem como estratégia didática, mas que concordam entre si, que é inerente a ocorrência da Elaboração, Expressão, Testes e Avaliação.

A partir desses referenciais, elaborou-se um diagrama denominado de “Modelagem Significativa” (Figura 6), visando estabelecer as relações entre as etapas da modelagem e os princípios organizacionais da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Figura 6. Diagrama de Modelagem Significativa.



Fonte: Autoria Própria

Para facilitar a identificação dos conceitos pertinentes a TAS e a Modelagem, utilizou-se das cores conforme a legenda. Para melhor discussão do Diagrama de Modelagem Significativa, os processos/conceitos do diagrama serão expressos em *itálico*. Nesse sentido, o processo de modelagem significativa inicia-se no levantamento dos *subsunçores* dos aprendizes sobre o conceito/fenômeno alvo, em consonância com a definição dos *objetivos*, ou seja, quais estruturas serão contempladas no modelo (AUSUBEL, 2000; JUSTI, 2006).

Na ausência desses subsunçores, pode-se utilizar de *organizadores prévios* comparativos ou expositivos, a depender da familiaridade do aprendiz com o fenômeno alvo. Tais organizadores farão a ponte do que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para a compreensão do *material potencialmente significativo* (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2013).

Na presença dos subsunçores relativos ao fenômeno alvo e dos objetivos definidos, será elaborado e utilizado o *material potencialmente significativo*, que permitirá que o aprendiz possa estabelecer *analogias* e ter *experiências com o fenômeno alvo*. As analogias tratam-se de comparações explícitas com o fenômeno alvo e/ ou outros modelos, enquanto as experiências podem ser diretas ou indiretas e que servirão de base para a elaboração do *modelo mental* (JUSTI, 2006; HALLOUN, 2006).

Dessa forma, o modelo mental a partir de *interações cognitivas* na mente do indivíduo buscará relacionar os subsunçores com os conhecimentos novos, tornando ambos mais estáveis e claros, bem como elucidará a elaboração do *modelo expresso* em algum modo de representação acessível para todos. Ressalta-se a necessidade de adequações constantes entre os modelos mentais e expressos até que concordem entre si (JUSTI, 2015; LOUCA e ZACHARIA, 2012).

Em seguida, realiza-se o processo de *testes* que podem ser mentais e/ou empíricos, a depender da natureza do fenômeno alvo, assim como das condições disponíveis - estrutura, materiais e recursos humanos (JUSTI e GILBERT, 2002a; GILBERT, 2004). Nesses testes devem-se considerar os princípios organizacionais da *diferenciação progressiva* (partindo dos conceitos mais gerais aos mais específicos a partir das diferenças entre os conceitos) e da *reconciliação integrativa* (eliminando-se algumas diferenças e propondo semelhanças que levam dos conhecimentos específicos

aos mais gerais), conforme os pressupostos da TAS (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1978; MOREIRA, 2012).

A partir dos resultados dos testes, caso o modelo contemple os objetivos definidos inicialmente, temos um *modelo válido* para a representação desses objetivos do fenômeno alvo, entretanto, caso os testes apontem discordâncias entre o modelo e os conceitos abordados, temos um *modelo inválido* para representar o fenômeno alvo conforme os objetivos propostos, nesse caso, podemos *modificar* o modelo mental e refazer novamente as etapas supracitadas (CLEMENT, 1989; HALLOUN, 2006; GILBERT e JUSTI, 2016).

Como os modelos são representações parciais e não cópias da realidade, é pertinente realizar a *avaliação* que consiste em identificar a abrangência e as limitações do modelo em relação a representação do fenômeno alvo (JUSTI, 2006). Como proposto por Harrison e Treagust (1998), um dos fatores limitantes do modelo é o próprio contexto no qual ele se insere. Logo, para aumentar o poder de previsão em relação ao fenômeno modelado, pode-se utilizar da *repetição multicontextual*, ou seja, modificar o modelo válido para atender novos objetivos representacionais (AUSUBEL, 2003).

Entretanto, como aplicar essas articulações no Ensino de Química? No próximo capítulo, discutimos uma possibilidade de aplicá-los na abordagem de uma temática do Ensino de Química, levando em consideração o que preconiza a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul para o Ensino de Química.

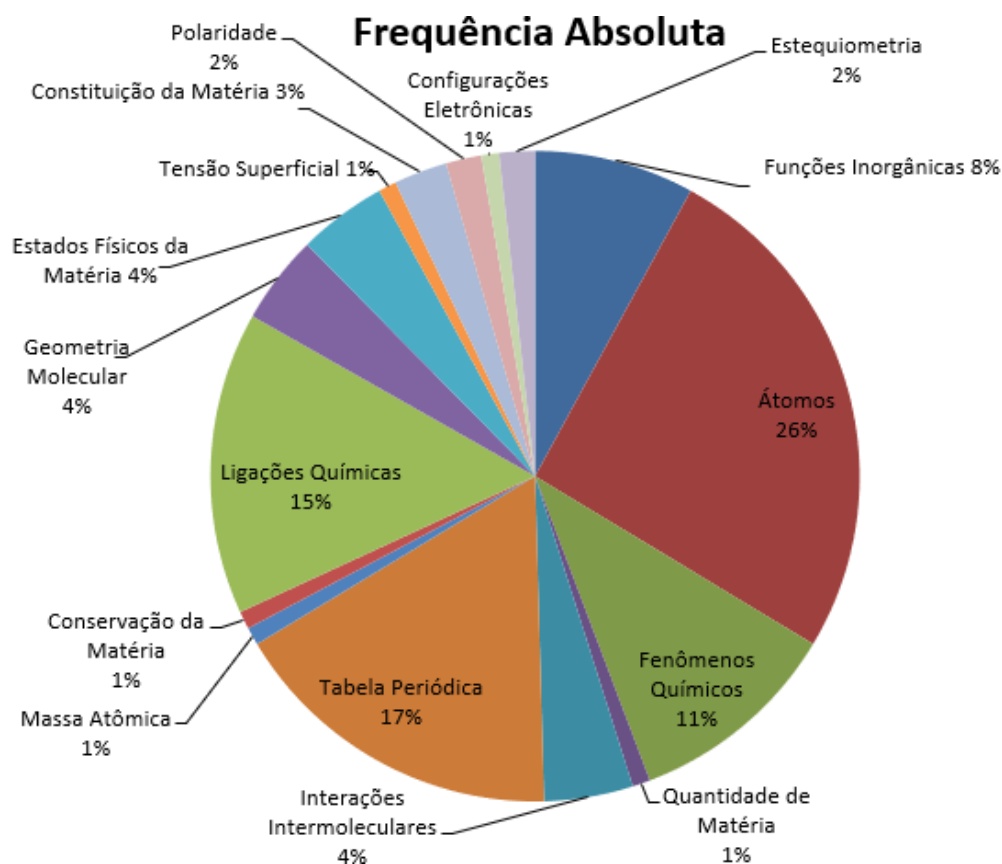
CAPÍTULO 5: APLICAÇÕES DA MODELAGEM FUNDAMENTADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para demonstrar como elaborar uma estratégia didática fundamentada na modelagem significativa para o ensino de química, realizou-se um levantamento bibliográfico nos anais da última década (2010-2020) dos principais eventos da área de ensino de química e da Teoria da Aprendizagem Significativa, que são o ENEQ (Encontro Nacional de Ensino de Química), ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências) e o ENAS (Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa).

A pesquisa foi realizada a partir das buscas por palavras-chaves: ensino de química; dificuldades de aprendizagem, isoladas ou combinadas no título ou no resumo. Em seguida com base na leitura dos resumos, foram descartados os trabalhos que enfocassem experiências didáticas, e considerado os trabalhos que abordam as dificuldades na contextualização de conceitos em química.

Foram encontrados ao todo 53 trabalhos no ENEQ, 46 trabalhos no ENPEC e 8 trabalhos no ENAS, e a partir dos dados levantados, elaborou-se o gráfico 1 a partir da frequência relativa de cada conteúdo.

Gráfico 1. Frequência Relativa de conteúdos de química nos anais do ENEQ, ENPEC e ENAS de 2010 a 2020.



Fonte: Autoria Própria

Em geral, os conteúdos que apresentam maiores dificuldades no Ensino de Química são: Átomos (25%), Ligações Químicas (19%), Tabela Periódica (16%) e Fenômenos Químicos (10%). Como o conteúdo de átomos, que apareceu com maior frequência, é comumente abordado a partir da ótica de modelagem, devido ao próprio referencial curricular trata-se dos Modelos Atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr), usou como referência para aplicação da modelagem e da Teoria da Aprendizagem Significativa o conteúdo de ligações químicas.

Além disso, os temas encontrados nos anais de eventos de ensino de química têm apontado para uma inter-relação de conceitos, em que os modelos atômicos, tabela periódica, constituição da matéria e distribuição eletrônica são conhecimentos especificamente relevantes para a aprendizagem de ligações químicas, e estas podem ser subsunçores para a aprendizagem de interações intermoleculares, polaridade, geometria molecular e estequiometria.

5.1 Dificuldades no Ensino de Ligações Químicas

Dentre as principais dificuldades relacionadas ao conteúdo de ligações químicas, Silva e Campos (2018), relatam a natureza abstrata do conceito e da demanda de modelos e teorias que a tornam de difícil compreensão. Para Silva e Marques (2016) outro fator que leva a dificuldades de compreensão é o reducionismo do conteúdo de ligações química no Ensino Médio a Teoria do Octeto, que é um modelo explicativo bastante limitado.

Contribuindo para o entendimento das dificuldades de compreensão de ligações químicas, Fernandez e Marcondes (2006) investigaram as concepções dos estudantes, e se depararam com confusões dos conceitos de ligações iônicas e covalente, a compreensão equivocada de que NaCl existe como entidade única ao invés de retículo cristalino, o termo compartilhamento no dia a dia ter significado diferente da Química no que tange o “compartilhamento” de elétrons.

Para Lima, Arenas e Passos (2017) o fato de se demonstrar o NaCl como exemplo de ligação iônica, pode-se gerar a confusão com compostos moleculares como o HCl que é constituído por ligação covalente, ou seja, não fica evidente que as ligações iônicas são não direcionais e as interações eletrostáticas que constituem os sólidos cristalinos.

Tais abordagens equivocadas podem tornar difícil a compreensão das ligações químicas, e de outros conceitos subsequentes como polaridade, forças intermoleculares, geometria molecular, solubilidade, propriedades físicas e etc.

5.2 Contribuições da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e do Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul.

A Base Nacional Comum Curricular trata-se de um documento base para nortear e estruturar a reformulação do novo Ensino Médio no Brasil, de modo a assegurar o currículo mínimo para todas as instituições de ensino, assegurando que todos os estudantes tenham garantido o acesso á educação, bem como, fortalecer e alinhar o governo federal, com os estados e municípios (BRASIL, 2018).

Para a área de Ciências da Natureza, a BNCC preconiza que:

“...os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do

pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos.” (BRASIL, p. 548, 2018).

Tal visão vai ao encontro de uma proposta pedagógica fundamentada em modelagem para uma aprendizagem significativa, uma vez que estes conhecimentos conceituais demandam o uso de modelos, leis e teorias, por isso, além de compreender a Química enquanto área do conhecimento é preciso entender o funcionamento da Ciência.

Dessa forma a BNCC traz uma proposta articulada entre Química, Física e Biologia, visando aprofundar os conhecimentos do Ensino Fundamental em três temáticas, que são: Matéria e Energia; Vida e Evolução; Terra e Universo. O conteúdo de ligações química está compreendido na temática Matéria e Energia descrita pela BNCC como:

“Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde).” (BRASIL, p. 549, 2018).

Além dos conceitos relacionados às ligações químicas estarem presentes na BNCC, quando se trata das interações da matéria, percebe-se a necessidade de uma visão a partir de modelos abstratos, com diferentes possibilidades de previsão para elucidação dos conceitos e fenômenos estudados, o que justifica o uso da modelagem para uma aprendizagem significativa desses conceitos.

A partir da BNCC, cada estado da federação irá elaborar seu referencial curricular. Até o presente momento, em Mato Grosso do Sul foi publicado apenas o Currículo de Referência de MS – Educação Infantil e Ensino Fundamental (SED/MS, 2019). Logo, para o Ensino Médio, o documento vigente é o Referencial Curricular da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul: ensino médio (SED/MS, 2012).

No Referencial Curricular de MS (SED/MS, 2012, p.202), o conteúdo de Ligações Química é abordado no 1º ano do Ensino Médio, cujo objetivo é desenvolver as seguintes competências e habilidades:

- Identificar os conceitos gerais que caracterizam os diferentes tipos de ligações químicas;

- Compreender a relação dos modelos de ligações químicas com semelhanças e diferenças de materiais distintos;
- Elaborar a fórmula de compostos iônicos baseando-se na distribuição eletrônica e na posição dos elementos na Tabela Periódica;
- Elaborar a fórmula de compostos moleculares simples baseando-se na distribuição eletrônica e na posição dos elementos na Tabela Periódica;
- Empregar o conceito de eletronegatividade para prever a polaridade de uma ligação covalente;
- Identificar as principais interações intermoleculares presentes nas substâncias químicas;
- Identificar a influência das ligações químicas no comportamento e nas propriedades das substâncias químicas;
- Propor e utilizar modelos explicativos que favoreçam a compreensão da estrutura das moléculas.

Logo, percebe-se que além da BNCC, o referencial curricular de MS também preconiza o uso de modelos como ferramenta pedagógica para o ensino de ligações químicas, bem como, das estruturas moleculares. Dessa forma, no próximo tópico discutiremos como utilizar a modelagem e a TAS para o ensino de ligações químicas com base no Referencial de MS.

5.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de ligações químicas a partir da modelagem

Para a aplicação das articulações pedagógicas, aqui construídas, entre a Modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa, utilizaremos os pressupostos das UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativa), que para Moreira (2011), são sequências de ensino fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa que podem subsidiar pesquisas aplicadas ao ensino.

Por conseguinte, o objetivo desse tópico é demonstrar como as articulações pedagógicas podem culminar em uma UEPS para o ensino de ligações químicas. Para Souza e Pinheiro (2019), a UEPS é uma forma de estruturar o processo de ensino em etapas, a partir de processos lógicos e metodológicos, que podem favorecer a aprendizagem significativa.

Para Moreira (2011), as etapas inerentes para a estruturação de uma UEPS são:

Etapas 1. definir o tópico específico a ser abordado;

Etapa 2. propor situações para o estudante externalizar o conhecimento prévio, por meio de: discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental e situação-problema;

Etapa 3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, considerando o tópico definido e os conhecimentos prévios dos estudantes. O intuito desta etapa é promover o uso de organizadores prévios;

Etapa 4. apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, ou seja, partindo do mais geral para o mais específico;

Etapa 5. retomar os aspectos mais gerais e estruturantes, fazendo uma reconciliação integrativa, abordada por diferentes estratégias, mas em um nível maior de complexidade do que a abordagem da apresentação inicial. Em seguida, propor atividades colaborativas para que aja a negociação de significados e que o professor atue como um mediador;

Etapa 6. dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa por diferentes estratégias, aumentando o nível de complexidade do conteúdo abordado, propor novas atividades colaborativas a partir de situações-problemas fomentando discussões em grupo;

Etapa 7. realizar avaliação de evidências de aprendizagem significativa durante todo o trabalho, bem como realizar avaliação somativa individual por meio de situações que evidenciem a compreensão e sejam validadas previamente por professores experientes na matéria de ensino.

Etapa 8. a UEPS será exitosa apenas se a avaliação (formativa e somativa) evidenciarem ocorrências de aprendizagem significativa.

Nesse sentido, no quadro 3 apresenta-se a sistematização da UEPS sobre as ligações químicas, demonstrando as atividades de ensino a serem realizadas e suas correlações com as etapas da modelagem (CLEMENT, 1989; JUSTI e GILBERT, 2002a; HALLOUN, 2004) e da estruturação da UEPS (MOREIRA, 2011).

Quadro 3. Sistematização da UEPS para ensino de ligações químicas por meio da modelagem.

Modelagem	Atividades Pedagógicas	UEPS
Elaboração	Definir os objetivos do modelo	Etapa 1

Elaboração	Aplicação de questionário prévio sobre Ligações Químicas	Etapa 2
Elaboração	Uso da Simulação “Monte um Átomo” ⁶	Etapa 3
Elaboração	Apresentação Oral do Diagrama de Lewis	Etapa 4
Expressão	Discussão sobre Modelos Mentais	Etapa 4/ Etapa 5
Expressão	Construção do Modelo Expresso	Etapa 5
Testes	Realização de Testes Mentais para validação do Modelo na representação dos objetivos definidos	Etapa 5/ Etapa 6
Avaliação	Apresentação oral dos modelos	Etapa 7
Avaliação	Aplicação de pós questionário sobre Ligações Químicas	Etapa 7

Fonte: Autoria Própria

A priori, deve ser realizado o levantamento da identificação dos subsunçores dos estudantes sobre o conteúdo de ligações químicas. Como estes subsunçores estão na estrutura cognitiva do indivíduo, pode-se utilizar de questionários, entrevistas e/ou a elaboração de mapas conceituais (NOVAK e CAÑAS, 2010). Nesse sentido, também é válida a utilização de questionário prévio, conforme proposta apresentada no Anexo 1 para identificação dos subsunçores dos estudantes a respeito das ligações químicas. Os objetivos, inicialmente, serão de o compreender as diferenças e semelhanças entre as ligações químicas, bem como representar as fórmulas dos compostos iônicos e moleculares.

Para a compreensão das ligações químicas, recomenda-se que os estudantes possuam conhecimentos prévios sobre estrutura da matéria e tabela periódica, que são abordados previamente conforme o Referencial Curricular de MS. Entretanto, caso o estudante não apresente os subsunçores necessários, pode-se utilizar da Simulação “Monte um Átomo” que servirá de organizador prévio, pois se encontra em um maior grau de abstração em relação ao material potencialmente significativo. Nessa simulação, o aprendiz pode compreender conceitos sobre a estrutura da matéria (prótons, elétrons,

⁶ A Simulação “Monte um Átomo” foi produzida pela equipe do projeto PhET (Physics Education Technology) da University of Colorado Boulder, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom acesso em 20 de ago de 2020.

nêutrons, núcleo, eletrosfera, íons, estabilidade, níveis energéticos e distribuição eletrônica), bem como, sobre tabela periódica (elementos químicos, grupos e períodos).

A elaboração do material potencialmente significativo depende dos subsunçores dos estudantes, uma vez que o significado se encontra no aprendiz e não no material de ensino (AUSUBEL, 2003), ou seja, o material é potencialmente significativo para aqueles estudantes. Logo, não faz sentido apresentarmos um material potencialmente significativo sem levar em consideração os subsunçores. No entanto, sugere-se como possibilidade que o material se utilize de teorias e conceitos consolidados na química como o diagrama de Lewis.

O diagrama de Lewis trata-se de um modelo que representa os elétrons em torno do átomo em pares, representados por bolinhas ou X, e as ligações químicas são representadas por meio de linhas que indicam a transferência ou o compartilhamento de elétrons (SANTOS, PINHEIRO E BELLAS, 2017). Nesse sentido, o material potencialmente significativo permitirá que o aprendiz possa ter experiências com o fenômeno alvo, bem como, possa estabelecer analogias (comparações explícitas) com outros modelos como o próprio diagrama de Lewis, ou modelos de paus e bolas.

Como as salas de aula são geralmente numerosas, recomenda-se que a modelagem seja feita em grupo, para tanto, pode-se fomentar discussões entre os estudantes afim de chegarem a um modelo mental consensual (GANDRA e FARIA, 2014), em que todos concordam ter modelos semelhantes na estrutura cognitiva. Em seguida, temos a fase de expressão, em que os estudantes vão expressar os modelos mentais conforme os materiais disponibilizados pelo professor e/ou de recursos e conhecimentos computacionais, caso queiram produzir animações.

Devido a natureza demasiadamente abstrata dos conceitos de ligações químicas, na fase de testes recomenda-se a realização de testes mentais, que podem ser feitos questionamentos como:

- Quais as diferenças entre ligações iônicas e covalentes?
- Como representar a formação de um composto iônico?
- Como representar a formação de um composto molecular?

Esses questionamentos devem ser respondidos a partir do modelo, levando em consideração a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Caso o modelo

consiga responder tais questionamentos de modo satisfatório conforme os conceitos teóricos de ligações químicas, o modelo será considerado válido para a representação dos objetivos definidos.

Assim, inicia-se a fase de avaliação do modelo, que pode ser feita de diferentes maneiras. Recomenda-se a apresentação oral do modelo pelos estudantes, de modo que estes possam justificar cada característica representada no modelo. No trabalho de Gandra e Silva (2018), por exemplo, a apresentação oral permitiu que os autores inferissem que alguns estudantes estavam cientes das limitações presentes no modelo atômico representado.

E ainda, como o contexto é potencialmente limitante aos modelos como previsto por Louca e Zacharia (2012), na fase de avaliação poderá utilizar da repetição multicontextual de Ausubel (2003), pois tais condições evidenciarão limitações do modelo válido, como por exemplo, a não elucidação das propriedades físicas como ponto de fusão e ebulição, as interações intermoleculares, a polaridade, a solubilidade dos compostos, a condutibilidade de corrente elétrica, entre outros conceitos que podem ser explicados a partir das ligações químicas presentes nos compostos. Dessa forma, a repetição multicontextual, contribui para que o modelo seja reformulado a partir de novos objetivos e o ciclo se inicie novamente, tornando o modelo cada vez mais abrangente e com maior poder de previsão dos fenômenos estudados.

Além disso, para a verificação de evidências da ocorrência de aprendizagem significativa a partir da modelagem no ensino de ligações químicas, podemos solicitar que os aprendizes elaborem um mapa conceitual (NOVAK e CAÑAS, 2010) com o intuito de identificar a compreensão conceitual de ligações químicas atingida pelo aprendiz a partir do aparecimento de conceitos, do uso de proposições, das relações hierárquicas de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, entre outros elementos (MOREIRA e SPERLING, 2009).

Outra possibilidade é a aplicação de um pós questionário (ANEXO 2) para comparar a compreensão do aprendiz e a evolução entre o questionário prévio e o pós. Para obter outra evidência de aprendizagem significativa, após certo tempo da realização da proposta pedagógica, sugere-se a aplicação de uma situação-nova (AUSUBEL, 2003), que pode ser uma situação problema não familiar ao aprendiz, mas que ele tenha condições de mobilizar os conceitos apreendidos na resolução da mesma.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Química enquanto Ciência apresenta conceitos que em geral são demasiadamente abstratos, e situam-se no nível microscópico da matéria, logo privam os cientistas de acessarem diretamente os fenômenos para estudo. Nesse sentido, como aponta Moreira (2014), os modelos possuem papel central para a Ciência, pois promovem condições para que os cientistas possam produzir representações parciais para seus objetos de estudos, e a partir deles, testarem suas hipóteses.

Logo, quando o Ensino de Química se incumba de levar estes conceitos científicos para a sala de aula, se deparam com uma primeira barreira ao aprendizado, uma vez que os aprendizes também não possuem acesso aos fenômenos e conceitos químicos, o que requer que os docentes utilizem - se de modelos como ferramentas pedagógicas para facilitar o processo de ensino e aprendizagem (RIBEIRO e GRECA, 2003; JUSTI, 2010).

Entretanto, pesquisadores como Schwarz et al (2009) apontam que os modelos comumente usados por docentes para essa finalidade não possuem significados para os estudantes, o que limita o potencial dos modelos como ferramenta pedagógica. Nesse sentido, investigamos as articulações pedagógicas entre a modelagem (CLEMENT, 1989; JUSTI e GILBERT, 2002a; HALLOUN, 2006) e a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1978; AUSUBEL, 2003) para o Ensino de Química.

Por meio dos referenciais estudados, foi possível construir uma abordagem pedagógica articulada entre a modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa. Logo, a modelagem pode ser significativa, desde que ao longo do processo de elaboração e expressão dos modelos sejam considerados primariamente os subsunçores dos aprendizes. E na ausência desses, o uso de organizadores prévios torna-se essencial, em consonância com o material potencialmente significativo, permitirão a experiência com o fenômeno alvo modelado e a elaboração de analogias com outros modelos.

Ao longo dos testes e avaliação do modelo, recomenda-se o uso dos princípios organizacionais da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Além disso, a repetição multicontextual tende a favorecer o processo de refino gradual dos modelos, ampliando a abrangência e reduzindo as limitações (AUSUBEL, 2003; HALLOUN, 2004).

Em suma, a modelagem e a Teoria da Aprendizagem Significativa também concordam com a recursividade, ou seja, o processo de modelagem é cíclico, retomando constantemente o processo para o aperfeiçoamento dos modelos, bem como a TAS utiliza-se dessa recursividade na repetição multicontextual, em que a redundância é usada propositalmente para o aumento da clareza e solidez dos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz.

Em relação ao ensino de ligações químicas aqui discutido, demonstrou-se uma possibilidade de aplicar a modelagem significativa para abordagem conceitual de ligações químicas, levando em consideração os pressupostos da BNCC e do Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul, que primam pela utilização de modelos explicativos e a linguagem própria da Ciência no Ensino de Ciências.

Apona-se que como desdobramentos dessa dissertação, pode ser feita a investigação empírica de evidências de ocorrência da aprendizagem significativa sobre ligações químicas a partir do ensino fundamentado na modelagem significativa. E ainda, abre possibilidades para a elaboração de propostas pedagógicas para o ensino de química a partir da modelagem articulada a Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N. S.; MAIA, J.; O ensino de química usando tema baía de Guanabara: Uma estratégia para aprendizagem significativa. **Química nova na escola**. V.38, n.3, p. 261-268, 2016.
- ARAGÓN, M. del M; OLIVA, J. M.; NAVARRETE, A. Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 31, nº. 2, p. 9 – 30, 2013.
- ARAGÓN, M. del M; OLIVA, J. M.; NAVARRETE, A. Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, nº. 3, P. 337-356, 2014.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2000.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Tradução: Lígia Teopisto. 1ª Edição. Paralelo Editora: Lisboa, p. 60, 2003.
- BARROZO, E. C. G. M. **Tratamento das questões ambientais na escola: um trabalho de conscientização com alunos e professores no contexto da modelagem**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências na Educação Básica. Universidade do Grande Rio. 122p, Duque de Caxias, 2017.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Ed. Contexto, 389p, 2004.
- BLANCO, J. L. D.; ALEMANY, F. S.; TORREGROSA, J. M. ¿Los libros de texto de bachillerato introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford?. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 31, nº. 1, P. 29-43, 2013.
- BEBER, S. Z. C.; DEL PINO, J. C. Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Saberes Populares: referências para o ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI, 2017, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2017, 8p. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1326-1.pdf>. Acesso em: 30. Mar. 2020.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_20dez_site.pdf. Acesso em: 05 de abril de 2020.
- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, nº. 3, pp. 207-226, 1997.

CASTILLO, H. G. C. Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 12, nº. 3, p. 565-580, 2015.

CEDRAN, D. P.; KIOURANIS, N. M. M.; CEDRAN, J da C. A importância da simbologia no ensino de química e suas correlações com os aspectos macroscópicos e moleculares. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, nº. 4, p. 38-57, 2018.

CLEMENT, J. Learning via Model Construction and Criticism - Protocol evidence on sources of creativity in science. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.) **Handbook of Creativity: assessment, theory and research**. New York: Editora Plenum. 1989. p. 341-381.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, v. 22, nº 9, p.1041-1053, 2000.

COSTA, P. P. **Estudo do Processo de Co-construção de Conhecimento em um Contexto de Ensino Fundamentado em Modelagem**. 2012. 122p. Dissertação do Mestrado em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012

DUSO, L.; CLEMENT, L.; PEREIRA, P. B.; FILHO, J. P. A. F. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 15, nº 2, 2013, p. 29-44. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172013000200029&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 20 abri. 2020.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, nº 24, p. 20-24, 2006.

FERRAZ, D. F.; TERRAZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 1 – 12, 2001.

FERREIRA, C.; ALENCOÃO. A.; VASCONCELOS, A. O recurso à modelação no ensino das ciências: um estudo com modelos geológicos. **Ciência e Educação: Bauru**, v. 21, nº. 1, p. 31-48, 2015.

FERREIRA, L. H.; CORREA, K,C ,S.; DUTRA, J. L.; Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da tabela periódica. **Química Nova na Escola**, v.38, n. 4, p.349-359, 2016.

FERREIRA, P. F. M; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 8, nº 28, p. 32-36, maio. 2008.

FRASSON, F.; LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. de F. Aprendizagem Significativa Conceitual, Procedimental e Atitudinal: uma releitura da Teoria Ausubeliana. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, nº 108, 2019.

GANDRA, L. P.; FARIA, A. G. V.; DOS SANTOS, G. S. Modelagem e educação profissional: possíveis relações em uma abordagem pedagógica para soluções químicas no ensino médio integrado ao técnico em informática. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, nº 6, p. 47-60, 2016.

GANDRA, L. P.; FARIA, A. G. V.; Modelo didático para a representação de estruturas que contempla as diferentes hibridizações de átomos por meio da modelagem como estratégia para o ensino de química. In: Encontro Nacional do Ensino de Química, 17., 2014, Ouro Preto. **Anais...Ouro Preto**, 2014. 12p.

GANDRA, L. P; SILVA, G. R. Modelagem e história da ciência: uma abordagem pedagógica para a estrutura atômica no 9º ano do ensino fundamental. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 13, nº 1, p. 14-32, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 220p, 2008.

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

GILBERT, J. K; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. GILBERT; C. J. BOULTER (Org.). **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Editora Springer, p. 3-18. 2000.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching Science Education**. Basel, Switzerland: Springer International Publishing. p. 32, 2016.

HALLOUN, I. A. **Modeling Theory in Science Education**. 12. ed. Dordrecht: Editora Springer, 2004.

HALLOUN, I.A. Mediated modeling in science education. **Science and Education**, v. 16, nº. 7–8, p. 653–97, 2007.

HARRISON, A.G.; TREAGUST, D.F. Modeling in science lessons: Are there better ways to learn with models? **School Science and Mathematics**, v. 98, nº. 8, p. 420–429, 1998.

ISLAS, S. M.; PESA, M. A.. Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 23, nº 3, p. 319-328, 2001.

JOHNSON-LAIRD, P.J. Mental models. Cambridge, MA: **Harvard University Press**. 513p. 1983.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, Wildson Luiz P. dos; MALDANER, Otavio Aloisio (Org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 209-230, 2010.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do Ensino de Ciências. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v, 17 – nº. Especial. P. 31-48, 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teacher's views on the nature of modelling, implications for the education of modelers. **International Journal of Science Education**, v 24, nº 4, p.369-387, 2002a.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Science teacher's knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. **International Journal of Science Education**, v 24, nº 12, p.1273-1292, 2002b.

LIMA, F. S. C.; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resoluções de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química Nova**, v. 41, nº. 4, p. 468-475, 2018

LIMA, A de. A.; NÚÑEZ, I. B. A solubilidade dos compostos iônicos: como os licenciandos em química explicam o comportamento do cloreto de prata? **Revista Ensaio e Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, nº 1, p. 257-269, 2012.

LIMA, A. de A.; NÚÑEZ, I. B. Aprendizagem por modelos: utilizando modelos e analogias. In: NÚÑEZ; I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, p. 245-264. 2004.

LIMA, A. de A. **O uso de modelos no ensino de química: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN**. 264f. 2007. Tese de Doutorado em Educação, Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

LOUCA, T. L.; ZACHARIA, Z. C. Modeling based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. **Educational Review**, v. 64, nº. 4, p. 471-492, 2012.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teaching. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.

MANZADO, R. C.; ALONSO, G. D. Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v 9, n.3, p. 329–337, 2012.

MATUS, L.; BEANRROCH, A.; NAPPA, N. La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, nº 1, P. 178-201, 2011.

MENDONÇA, P. C. C. **‘Ligando’ as ideias dos alunos à ciência escolar: Análise do ensino de ligação iônica por modelagem**. 2008. 241p. Dissertação do Mestrado em Educação - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem Parte I. **Educación Química**, v. 20, n.ºEspecial, p. 282-293, 2009.

MENDONÇA, P. C. C. **Influência de atividades de modelagem da qualidade dos argumentos de estudantes de química no ensino médio**. 2011. 282p. Tese do Doutorado em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MINAYO, M. C.S. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência &Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, nº 3, p. 621-626, 2012.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.; **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. Editora Moraes. São Paulo, p. 14, 1982.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa: e sua implementação em sala de aula.** Editora UNB, Brasília, p. 15, 2006.

MOREIRA, M.A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, nº 2, pp. 23-30, 2008.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011.

MOREIRA, M. A. ¿ Al final, qué es aprendizaje significativo?. **Revista Currículum**, nº 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v, 24, nº 6, 55p, 2013a.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas e unidades de ensino potencialmente significativas.** Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. PUCPR, 2013b.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, nº 2, p. 1 – 20, 2014.

MOREIRA, A. M; SPERLING, C. S. Mapas concetuales y aprendizaje significativo: ¿una correlación necesaria? **Experiências em Ensino de Ciências** , v. 4, nº 3, pp. 91-100, 2009.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Modelagem Analógica no Ensino de Ciências. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 23, nº 1, p. 155-182, 2018.

NERSESSIAN, N. J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: International Conference Model-Based Reasoning in Scientific Discovery, 11, Pavia Italia, **Anais...** Pavia Italia: MBR, 1998.p. 5-22. 1998.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. Tradução: Luis Fernando Cerri. Revisão: Fabiano Moraes. **Práxis Educativa**, v. 5, nº 1, p. 9 – 29, 2010.

OLIVA, J. M. Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 37, nº 2, p. 5-24, 2019.

PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, nº 4, p. 1019-1036, 2014.

QUEIROZ, A. S. **Contribuições do Ensino de Ligação Iônica Baseado em Modelagem ao Desenvolvimento da Capacidade de Visualização.** 2009. 258p. Dissertação do Mestrado em Educação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. Simulações Computacionais e Ferramentas de Modelização em Educação Química: uma revisão da literatura publicada. **Química Nova**. São Paulo, v. 26, nº. 4, p. 542-549, jul./ago. 2003.

SANTANA, K. V. R.; SARMENTO, V. H. V.; WARTHA, E. J. Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de química do ensino médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, nº 2, p. 110-122, 2011.

SANTOS, C de J. S et al. Ensino de Ciências: Novas Abordagens metodológicas para o ensino fundamental. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. V. 14, p. 217-227, 2015.

SANTOS, L. M.; PINHEIRO, B. C. S.; BELLAS, R. R. D. Modelos em Química: O Ensino de Ligação Química. In: **Anais do XI ENPEC**, Florianópolis, Santa Catarina, 2017.

SCHWARZ, C. V. et al. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, nº 6, p. 632– 654, 2009.

SED/MS. **Referencial Curricular da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul: ensino médio**. Campo Grande-MS, 264p, 2012.

SED/MS. **Na vanguarda da educação nacional, Currículo de Referência é lançado em MS**. 2019. Disponível em: <https://www.sed.ms.gov.br/na-vanguarda-da-educacao-nacional-curriculo-de-referencia-e-lancado-em-ms/>. Acesso em: 15. ago. 2020.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª ed, rev. Atual. – Florianópolis: UFSC, 138p, 2005.

SILVA, S. P.; CAMPOS. A. F. O ensino de ligação química por meio de situação-problema com estudantes do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, nº 5, p. 32-41, 2018.

SILVA. R. P; MARQUES, D. M. O ensino de Ligações Químicas por meio do conceito de energia: uma proposta didática para o Ensino Médio. In: Encontro Nacional do Ensino de Química, 18., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2016. 12p.

SILVA, M. G. L, da.; NÚÑEZ, I. B. Modelos científicos, didáticos e mentais. **Instrumentação para o ensino de química II**. Natal, RN: Editora da UFRN, 2007.

SILVA, C. M da.; JUSTI, R. Planejamento e condução de discussões sobre natureza da ciência ocorridas em uma situação de ensino fundamentada em modelagem conduzida por uma professora em formação. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 21, e 10601, 2019.

SOUZA, V. C. DE A.; JUSTI, R. Discutindo o ensino de energia envolvida nas transformações químicas por meio de uma estratégia de modelagem. In: I Encontro de Pesquisadores em Educação dos Programas de Pós-Graduação em Educação de Belo Horizonte, 2009, Belo Horizonte. **I Encontro de Pesquisadores em Educação dos Programas de Pós-Graduação em Educação de Belo Horizonte**, 2009.

SOUZA, V. C. DE A.; JUSTI, R. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v 11, nº 2, p. 385-405, 2012.

SOUZA, G. F de. PINHEIRO, N. A. M. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS): identificando tendências e possibilidades de pesquisa. **Revista Dynamis**. FURB, BLUMENAU, v.25, n.1, p 113-128, 2019.

SWIECH, J, N.; A camisinha como artefato tecnológico no ensino de química. **Química Nova na Escola**, V.38, n.3,p. 230-236, 2016.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-97, 2002.

ANEXO 1 – PRÉ QUESTIONÁRIO

1) Na natureza, as moléculas são formadas pela união de átomos, por meio de ligações químicas. Porque os átomos estabelecem ligações químicas entre si?

2) Em uma aula de química, um estudante pergunta ao professor como ocorre a ligação iônica na formação do sal de cozinha. Sob o ponto de vista químico, o que o professor deveria responder para esse aluno?

3) Como ocorrem as ligações covalentes entre os átomos que formam a molécula de sacarose ($C_6H_{12}O_6$)?

4) Ao perceber que a estrutura de uma cadeira é de ferro, um aluno lhe pergunta como ocorre uma ligação metálica. Sob o ponto de vista químico, qual deveria ser sua resposta?

5) Represente, por meio de um modelo:

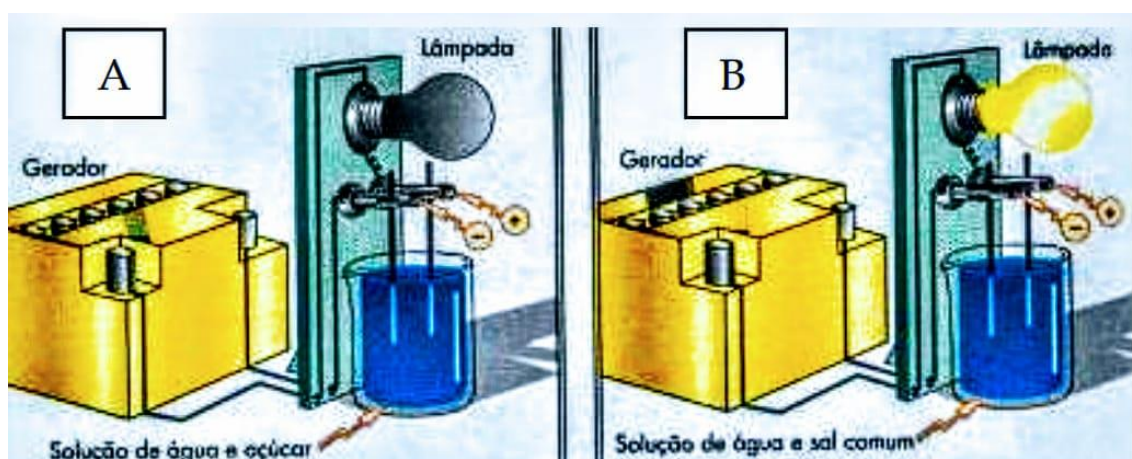
a) a ligação iônica do cloreto de sódio.

b) a ligação covalente do dióxido de carbono.

c) as moléculas de HCl e de Cl_2 .

6) Ao derreter o açúcar em casa para fazer uma calda, um aluno teve a ideia de também tentar derreter o sal de cozinha, porém, após inúmeras tentativas, não obteve sucesso. Ao chegar a Escola, esse aluno questiona o professor de química sobre o porquê conseguiu derreter facilmente o açúcar e o sal de cozinha não. Qual deve ser a explicação do professor?

7) Observe os dois experimentos abaixo:



Por que no sistema B a lâmpada acendeu e no sistema A não?

8) Ao beber um refrigerante em uma lata de alumínio, um estudante deseja saber como os átomos desse elemento estão ligados entre si. Visando responder de forma esquemática ao estudante, faça uma representação da ligação química entre esses átomos.



9) Observe as temperaturas de fusão das seguintes moléculas:

Molécula	H ₂	HF
Temperatura de Fusão	-259°C	- 83,55°C

As temperaturas de fusão de ambos os compostos são baixas, e por isso são encontrados no estado gasoso à temperatura ambiente de 25°C. Entretanto, há uma diferença

considerável na temperatura entre elas. Como podemos explicar essa diferença a partir das ligações químicas? Represente essas duas moléculas por meio de um modelo.

10) Os sais cloreto de sódio, cloreto de lítio e cloreto de cálcio são utilizados para diferentes fins. Alguns deles são:

Sais	Aplicações
Cloreto de Sódio	Utilizado como tempero e conservante de alimentos
Cloreto de Lítio	Útil na indústria e produção de lítio metálico
Cloreto de Cálcio	Utilizado na indústria alimentícia, principalmente na fabricação de queijos e na massa de cimentos.

Dentre os átomos presentes nos compostos iônicos (Na, Li, Ca e Cl), quais formam cátions? E quais formam ânions? (Dados: números atômicos – Na=11, Li=3, Ca = 20 e Cl = 17).

ANEXO 2 – PÓS QUESTIONÁRIO

1) Ao ganhar de presente de aniversário uma corrente de ouro 18 quilates composto por ouro (75%), prata (13%) e cobre (12%), um aluno lhe pergunta como ocorre a ligação metálica entre esses elementos. Qual seria sua resposta, sob o ponto de vista químico?

02) Os sais brometo de potássio, brometo de sódio e brometo de magnésio são utilizados para diferentes fins, apresentados na tabela abaixo.

Sais	Aplicações
Brometo de Potássio	Usado para tratar epilepsia em cães
Brometo de Sódio	Usado como anticonvulsivo e sedativo no século XIX e XX.
Brometo de Magnésio	Usado como sedativo leve

Dentre os átomos presentes nos compostos iônicos (Na, Br, K e Mg), quais formam cátions? E quais formam ânions? (Dados: números atômicos $\rightarrow$ Na=11, Br = 35, K = 19 e Mg = 12).

3) Como ocorrem as ligações covalentes entre os átomos que formam a molécula de ácido sulfúrico (H_2SO_4)?

4) (UFSCAR-SP) Sal de cozinha (cloreto de sódio) e açúcar (sacarose) são sólidos brancos solúveis em água. Suas soluções aquosas apresentam comportamentos completamente diferentes quanto à condução de corrente elétrica. Sobre esse assunto, é correto afirmar:

a) o cloreto de sódio é um composto iônico e sua solução aquosa conduz corrente elétrica, devido à presença de moléculas de NaCl. A sacarose é um composto covalente e sua solução aquosa tem viscosidade muito alta, diminuindo a condutividade da água.

b) uma substância como o cloreto de sódio, que em solução aquosa forma íons, é chamada de eletrólito. A solução de sacarose conduz corrente elétrica, devido à formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de sacarose e água.

c) o cloreto de sódio é um composto iônico e suas soluções aquosas conduzem corrente elétrica, devido à presença de íons livres. A sacarose é um composto constituído de moléculas e suas soluções aquosas não conduzem corrente elétrica, pois as moléculas neutras de sacarose não contribuem para o transporte de cargas.

d) a dissolução de sacarose em água leva à quebra das moléculas de sacarose em glicose e frutose e estas moléculas conduzem corrente elétrica. A solução de sal, por sua vez, apresenta condutividade menor que a da água destilada.

e) soluções aquosas de sacarose ou de cloreto de sódio apresentam condutividade elétrica maior do que aquela apresentada pela água pura, pois há formação de soluções eletrolíticas. Os íons formados são os responsáveis pelo transporte de cargas em ambos os casos.

5) Para derreter o cloreto de magnésio é preciso aquecê-lo a uma temperatura maior que 714°C, já a frutose derrete a 103°C. Como podemos explicar essa diferença entre os pontos de fusão?

6) No dia-a-dia nos deparamos com vários compostos como H₂O, CO₂, O₂, percebe-se que nesses compostos ocorreu a ligação química entre átomos de elementos diferentes, ou do mesmo elemento. Sendo assim, o que explica a realização dessas ligações?

7) Observe as temperaturas de fusão das seguintes moléculas:

Molécula	Cl ₂	HCl
Temperatura de Fusão	-101,4°C	- 27,32°C

As temperaturas de fusão de ambos os compostos são baixas, e por isso são encontrados no estado gasoso à temperatura ambiente de 25°C. Porém, há uma diferença considerável entre os seus pontos de fusão, logo, como podemos explicar essas diferenças a partir das ligações químicas?

8) Represente, por meio de um modelo:

a) a ligação iônica do cloreto de potássio.

b) a ligação covalente do dióxido de enxofre.

c) as moléculas de HBr e de Br₂.

9) Em uma aula de química, um estudante pergunta ao professor como ocorre a ligação iônica na formação do cloreto de magnésio. Sob o ponto de vista químico, o que o professor deveria responder para esse aluno?

10) Ao comer um pêssigo em lata de estanho, um estudante deseja saber como os átomos desse elemento estão ligados entre si. Visando responder de forma esquemática ao estudante, faça uma representação da ligação química entre esses átomos.



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/protecao-dos-metais-contracorrosao.htm>