

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

CRISTIANO DE ALMEIDA CARDOSO MARCELINO JR.

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIDÁTICO PARA A
FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES
DOS ISÔMEROS, EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA, NA
PERSPECTIVA DA TEORIA DE P.YA. GALPERIN**

Natal
2014

CRISTIANO DE ALMEIDA CARDOSO MARCELINO JR.

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIDÁTICO PARA A
FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES
DOS ISÔMEROS, EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA, NA
PERSPECTIVA DA TEORIA DE P.YA. GALPERIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de pesquisa: Formação e Profissionalização Docente

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez

Natal

2014

Divisão de Serviços Técnicos.
Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do NEPSA / CCSA

Marcelino Jr, Cristiano de Almeida Cardoso.

Desenvolvimento de um sistema didático para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, em licenciandos em química, na perspectiva da teoria de P.YA. Galperin / Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr. – Natal, RN, 2016.

317 f.

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez.

Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Educação. Programa de Pós-graduação em Educação.

1. Formação docente – Tese. 2. Profissionalização docente –

CRISTIANO DE ALMEIDA CARDOSO MARCELINO JR.

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIDÁTICO PARA A
FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES
DOS ISÔMEROS, EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA, NA
PERSPECTIVA DA TEORIA DE P.YA. GALPERIN**

Tese examinada e aprovada em ___/___/___,
como requisito para a obtenção do grau de
Doutor em Educação pelo Programa de Pós-
Graduação em Educação do Centro de
Educação da Universidade Federal do Rio
Grande do Norte pela comissão examinadora
formada pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Dr. Isauro Beltrán Nuñez
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(Orientador)

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

Prof^o Dr Ricardo Oliveira da Silva
Universidade Federal de Pernambuco
(Examinador Externo)

Prof^a Dr^a. Josivania Marisa Dantas
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(Examinadora Interna)

Prof^a Dr^a Prof^a Dr^a. Ana Cristina Facundo de Brito
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(Examinadora Interna)

Natal
2014

Dedico este trabalho aos meus amores, Juliana (esposa), Davi e Lucas (filhos), pelo incentivo constante e por compreenderem a complexidade das contradições dessa minha formação, simplesmente, por meio de um amor incondicional

AGRADECIMENTOS

A Deus, que no amor me faz valorizar a vida material como parte de uma vida espiritual.

Ao Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez, pela orientação, pela dedicação, pela paciência e pela amizade, minha profunda gratidão.

Aos meus pais, pelo amor demonstrado ao longo da minha vida.

À minha família, tias, irmãos, sogra, cunhados e sobrinhos.

Ao Colegiado de Coordenação Didática do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGE-UFRN).

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Departamento de Química, pelo incentivo ao investimento em minha formação profissional continuada.

A CAPES, pela disponibilização da bolsa de estudo por alguns meses, que ainda assim tornou se tornou extremamente útil.

Aos membros da banca examinadora.

Aos colegas do grupo de pesquisa, em especial a Francesco Araújo Lopes e Antonia Batista.

Aos professores e técnico-administrativos do PPGE-UFRN.

À Prof^a Dr^a Edenia Maria Ribeiro do Amaral, pela amizade, solidariedade e incentivo, antes e ao longo desses anos de doutorado.

À Prof^a Dr^a Rejane Martins Novais Barbosa, pela amizade e pelo incentivo ao ensino e à pesquisa em educação química, e a ingressar e concluir o doutorado.

À Prof^a Dr^a Kátia Cristina de Freitas Silva, diretora do DQ-UFRPE, pelo incentivo, demonstrado ao longo desses anos de doutorado.

Aos colegas de departamento, Prof^a Dr^a Maria Angela Vasconcelos de Almeida, Prof. Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão, Prof^a Dr^a. Angela Fernandes Campos, Prof^a Dr^a Claudia Cristina Cardoso e Prof^a Dr^a Flávia Christiane Guinhos, pelo incentivo ao ingresso no doutorado e por viabilizarem a minha formação continuada, em exercício.

Aos professores e funcionários técnico-administrativos do Departamento de Química da UFRPE.

Aos licenciandos em química da UFRPE, que continuam me motivando a procurar ser um bom professor, um bom profissional do ensino.

Ao Prof. Dr. Alfredo Arnóbio Gama, pelo apoio dado ao longo do meu curso de graduação, que ainda servem de estímulo à vida acadêmica.

À Prof^ª Dr^ª Simone Maria Gonçalves Cruz, orientadora de iniciação científica, por me incentivar a ser um professor-pesquisador.

Ao Prof. Dr. Antonio Euzébio Goulart Sant'Ana, meu orientador de mestrado, pela amizade e pelo incentivo científico que me deu à pesquisa.

Ao Prof. Dr Sérgio Maia Melo, por acreditar na minha capacidade, incentivando-me profissionalmente ao ensino, à pesquisa e à divulgação científica.

Aos moradores e moradoras da Rua João Sales de Menezes, por compartilharem momentos de luta em prol do bem-comum, que repercutiram na minha motivação para a pós-graduação.

A todos, que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

E não vos conformeis com este mundo, mas transformai-vos pela renovação do vosso entendimento [...] *Rm12.2a*

RESUMO

Este estudo apresenta o desenho de um sistema didático para servir como referência à atividade de ensino de professores de química, no que diz respeito à formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros. Partiu-se do pressuposto que a formação dessa habilidade generaliza uma habilidade mais ampla, de explicar as propriedades das substâncias, e permeia a relação dialética entre a atividade formativa inicial e a atividade profissional do professor de química. Assumiu-se o materialismo dialético e histórico para orientação teórico-metodológica geral do estudo. Dos seus fundamentos se alicerça a teoria de formação planejada das ações mentais e dos conceitos, proposta por Piotr Yakovlevich Galperin (2001), tomada como a base para as posições efetuadas no plano epistemológico, psicológico e pedagógico. Nina Talízina (2009, 1987) e Isauro Beltrán Núñez (2009, 1999, 1992) também se destacam como os outros dois principais autores utilizados para compor o referencial adotado. Para subsidiar a concepção e o desenvolvimento do sistema didático, realizou-se uma investigação da abordagem do conteúdo isomeria nas seguintes fontes: i) livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino; ii) provas de sistemas de avaliação seriada (SSA) de universidades públicas e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM); e iii) documentos oficiais do sistema educacional brasileiro. Os resultados das análises permitiram verificar que a isomeria é um conteúdo tradicional e oficialmente instituído no País, mas que tem sido negligenciado pelo ENEM e recebe um tratamento nas provas dos SSA similar ao apresentado nos livros didáticos do ensino médio. De um modo geral, as estruturações seguidas pelos livros guardam diferenças na quantidade de conteúdos contemplados, de acordo com o nível de ensino, e seguem uma sequência linear e desarticulada. O sistema didático proposto teve os seus objetivos diretamente relacionados a indicadores qualitativos, voltados ao planejamento, à orientação, à execução e ao controle do processo formativo da habilidade geral e à avaliação do seu desenvolvimento. A determinação do conteúdo foi realizada pela aplicação do método teórico da atividade, considerando a correspondência entre a competência formal do licenciado de química, as habilidades a serem desenvolvidas ao longo da sua atividade formativa inicial e as tarefas básicas do futuro professor de química no seu campo de atuação profissional. A estruturação do conteúdo foi realizada com o enfoque sistêmico estrutural-funcional. Também se desenvolveu uma invariante funcional de execução da habilidade, para ser utilizada em propostas seguindo nas etapas do ciclo cognoscitivo proposto por Galperin, com um a base orientadora da atividade do tipo III. Nesse sentido, desenvolveram-se diferentes situações de ensino para serem utilizadas como um sistema de tarefas para a formação da habilidade, na perspectiva tomada para o sistema didático como um todo, de contribuir para ensinar a licenciandos em química a ensinarem conteúdos químicos.

Palavras-chave: Formação e profissionalização docente. Teoria de Galperin. Formação de habilidades.

ABSTRACT

This study presents the design of a didactic system to be used as a reference, to the activity of teaching chemistry teachers about the ability to explain the properties of the isomers. The study is based on the presupposition that the formation of this ability generalizes a more ample ability – that of explaining the properties of the substances – and that it is part of the dialectic relation between the initial formative activity and the professional activity of the chemistry teacher. The study used dialectic and historical materialism for the general theoretical-methodological direction of the study. In principle, the theory of planned formation of mental actions and concepts, proposed by Piotr Yakovlevich Galperin (2001), was taken as basis for the epistemological, psychological and pedagogic plan. Nina Talízina (2009, 1987) and Isauro Beltrán Núñez (2009, 1999, 1992), are the other two main authors used to compose the reference base of the study. To help the conception and the development of the didactic system, an investigation of the isomerism content in the following sources was carried out: i) organic chemistry books of different levels; ii) tests of serial systems of assessment (SSA) from public universities and from the *Exame Nacional do Ensino Médio* (ENEM) [on a par with the SATs in the US]; and iii) official documents of the Brazilian educational system. The results of the analyses verified that isomerism is a traditional content officially instituted in the country, but that has been neglected by the ENEM and receives a treatment in the SSA tests similar to that presented in high school didactic books. Generally, the structures followed by the books have differences in the quality of the contents contemplated, according to the teaching level, and follow a linear and disarticulated sequence. The objectives of the proposed didactic system are directly related to qualitative indicators based on planning, orientation, execution and control of the formative process of the general ability of teaching, and to the evaluation of this development. The determination of the content was carried out by applying the theoretical method of the activity, considering the relation between the formal competence of the chemistry teacher, the abilities to be developed along his/her initial formative activity and the basic tasks of the future chemistry teacher in his/her field of professional work. The structuring of the content was carried out with a structural-functional systemic focus. A functional invariant of execution of ability was also developed to be used in proposals following the cognoscitive cycle stages proposed by Galperin, with an orientation base of activity type III. Thus, different teaching situations were developed to be used as a task system for the formation of the ability of teaching, in a didactic system taken as a whole, which contributes to teaching chemistry teachers to better teach the contents of the field of chemistry.

Key words: Formation and professionalization of teachers; Theory of Galperin; Formation of abilities.

RESUMEN

El estudio presenta el diseño de un sistema didáctico que sirva como referencia a la actividad de enseñanza de profesores de química, con respecto a la formación de la habilidad de explicar las propiedades de los isómeros. Si partió del supuesto de que la formación de esa habilidad se generaliza una habilidad más amplia para explicar las propiedades de las sustancias, e impregna la relación dialéctica entre la actividad de la formación inicial y la actividad profesional del profesor de química. Si asumió el materialismo dialéctico e histórico en la orientación teórica y metodológica general del estudio. Sus fundamentos sustentan la teoría de la formación planeada de las acciones mentales y de los conceptos, propuesta por Piotr Yakovlevich Galperin (2001), tomada como la base para las posiciones realizadas en el plan epistemológico, psicológico y pedagógico. Nina Talízina (2009, 1987) y Isauro Beltrán Núñez (2009, 1999, 1992) también si destacan como los otros dos principales autores utilizados para componer el marco adoptado. Para apoyar la concepción y desarrollo del sistema didáctico, si realizó una investigación de la aproximación del contenido isomería en las siguientes fuentes: i) libros de química orgánica de diferentes niveles de educación; ii) pruebas de sistemas de evaluación de universidades públicas y del *Exame Nacional do Ensino Médio* (ENEM); iii) documentos oficiales del sistema educativo brasileño. Los resultados de los análisis permitirán verificar que la isomería es un contenido tradicional y oficialmente establecido en el país, pero que ha sido pasado por alto por lo ENEM y recibe un tratamiento en las pruebas del SSA similar a presentado en los libros didácticos de la escuela secundaria. En general, las estructuraciones seguidas por los libros mantienen diferencias en la cantidad de los contenidos contemplados, y siguen una secuencia lineal y desarticulada. El sistema didáctico propuesto tuvo sus objetivos directamente relacionados con los indicadores cualitativos, centrados a planeamiento, orientación, ejecución y control del proceso formativo de la habilidad general y la evaluación del su desarrollo. La determinación del contenido fue realizada por la aplicación del método teórico de la actividad, considerando la correspondencia entre la competencia formal del profesor de química, las habilidades que si desarrollan a lo largo de su actividad de formación inicial y las tareas básicas en su campo profesional. La estructuración del contenido fue realizada con el enfoque sistémico estructural-funcional. También si desarrolló una invariante funcional de ejecución de la habilidad, para ser utilizada en propuestas siguiendo los pasos del ciclo cognoscitivo propuesto por Galperin, con la base de orientación de la actividad del tipo III. En este sentido, si desarrollaran diferentes situaciones de enseñanza para ser utilizadas como un sistema de tareas para la formación de la habilidad, en la perspectiva tomada para el sistema didáctico como un todo, de contribuir para enseñar a futuros profesores de química para enseñar contenidos químicos.

Palabras clave: Formación e profesionalización del profesor. Teoría de Galperin. Formación de habilidades.

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 - Equação da isomerização do cianato de amônio à ureia por Wöhler	68
Esquema 2 - Percurso metodológico trilhado na investigação	149
Esquema 3 - Estruturação preferencial do conteúdo de isomeria em livros de química do ensino médio	177
Esquema 4 - Aspectos utilizados para selecionar os temas estruturadores dos conhecimentos conceituais do Sistema Didático para a formação da habilidade geral	206
Esquema 5 - Estruturação do conteúdo isomeria de acordo com o enfoque sistêmico estrutural-funcional	207
Esquema 6 - Detalhamento dos casos particulares do conteúdo isomeria	208
Esquema 7 – Estruturação do processo de formação da habilidade geral segundo etapas da teoria de Galperin	209
Esquema 8 – Estruturação do processo de formação da habilidade geral segundo etapas da teoria de Galperin	222

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representações estruturais do ácido butenodióico: A) Ácido maleico, o isômero <i>cis</i> e B) Ácido fumárico, o isômero <i>trans</i>	76
Figura 2 - Exemplos de isômeros constitucionais em compostos de coordenação	77
Figura 3 - <i>cis</i> (a) e <i>trans</i> (b) da diaminodicloroplatina (II)	78
Figura 4 - Representações estruturais do isooctano (2,2,4-trimetilpentano) e alguns dos seus isômeros	80
Figura 5 - Representações estruturais do éter dimetílico e do etanol, isômeros constitucionais	81
Figura 6 - Tautomerismo no acetoacetato de etila	82
Figura 7 - Representação para as ondas eletromagnéticas: A) luz comum e B) luz plano-polarizada	83
Figura 8 - Imagem especular da mão humana	83
Figura 9 - Análise de uma substância opticamente ativa, em um polarímetro	84
Figura 10 - Aplicação da regra <i>R</i> e <i>S</i> de Cahn-Ingold-Prelog para a determinação da configuração absoluta de carbonos estereogênicos	85
Figura 11 - Representações estruturais dos enantiômeros da carvona	86
Figura 12 - Representações estruturais dos enantiômeros do rincoforol	86
Figura 13 - Anomalias de formação causadas pelo enantiômero <i>S</i> da talidomida	87
Figura 14 - Interações entre enantiômeros e sítios ativos	88
Figura 15 - Formas diastereoisoméricas da glicose, que são unidades biopoliméricas do amido e da celulose	89
Figura 16 - Conformações para o butano	90
Figura 17 - Rotâmeros teoricamente mais estáveis do conformero do <i>S</i> -(-)-Limonene óxido	91
Figura 18 - Proteína antes e depois do dobramento	92
Figura 19 - Representação estrutural de um exemplo atropoisômeros	92
Figura 20 - Condição para que compostos alênicos apresentem isomeria ótica	93
Figura 21 - Estrutura da muscalure, um estereoisômero <i>Z</i>	94
Figura 22 - Exemplos de tipos de enantiômeros abordados apenas em livros de estudos avançados	171
Figura 23 - Exemplos de tipos de isômeros <i>cis-trans</i> abordados apenas em livros de estudos avançados	172

Figura 24 - Correlação entre diferentes aspectos na relação estrutura química-propriedade dos isômeros	186
Figura 25 - Fragmento coletado do LM5, no qual se sugere uma atividade experimental a ser realizada de modo teórico para se investigar a conversão do ácido maleico em ácido fumárico	187
Figura 26 - Exemplos de questões de desenvolvimento próprio e de provas de processos seletivos, presentes nos livros de química orgânica, que têm um formato de exercício	188
Figura 27 - Modelo utilizado para ilustrar uma explicação sobre atividade biológica de isômeros	190
Figura 28 - Relações entre as frequências dos conteúdos de isomeria das questões das provas de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010	195
Figura 29 - Uma questão da prova do SSA no formato de exercício	196
Figura 31 – Características flavorizantes de algumas lactonas	240
Figura 31 – Objeto de aprendizagem para análise conformacional	251
Figura 32 – Simulação sugerida para uma situação de ensino formatada como uma tarefa de conteúdo objetual para a etapa da linguagem externa, com os outros, envolvendo o uso de simulações	256

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequências de conceitos em isomeria nas questões das provas de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010 196

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quantidade de isômeros constitucionais de alguns alcanos	81
Quadro 2 - Diferenças nas propriedades farmacêuticas de alguns enantiômeros	88
Quadro 3 - Diferentes definições de isômeros	95
Quadro 4 - Características de algumas habilidades necessárias ao domínio da habilidade explicar	98
Quadro 5 - Características das principais bases orientadoras da atividade utilizados no processo de ensino-aprendizagem: BOA do tipo I, a BOA II e a BOA do tipo III	132
Quadro 6 - Livros de química orgânica alisados, quanto à abordagem do conteúdo isomeria, para proporcionar subsídios na estruturação do Sistema Didático ..	152
Quadro 7 - Relação de universidades com sistema de avaliação seriada, que foram investigados em relação à abordagem do conteúdo isomeria	154
Quadro 8 - Categorias e subcategorias utilizadas na investigação sobre a abordagem da isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	159
Quadro 9 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes à estruturação do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	160
Quadro 10 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes às definições utilizadas nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino para o conceito isômeros	160
Quadro 11 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes aos aspectos fenomenológicos contemplados na abordagem da isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	161
Quadro 12 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes à habilidade explicar na abordagem da isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	161
Quadro 13 - Conhecimentos utilizados na estruturação do conteúdo isomeria nos livros texto de química orgânica de diferentes níveis de ensino	161
Quadro 14 - Sequência das classes de isômeros enumeradas na estruturação do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	172

Quadro 15 - Termos usados inapropriadamente nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	173
Quadro 16 - Análise de aspectos relativos às definições de isômeros presentes nos livros texto de química orgânica de diferentes níveis de ensino	176
Quadro 17 - Aspectos fenomenológicos contemplados contextualizações em torno do conceito de isômeros nas abordagens dos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	181
Quadro 18 - Ênfase na abordagem representacional do conteúdo isomeria pelos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino	186
Quadro 19 - Objetivo geral e indicadores qualitativos do Sistema Didático	202
Quadro 20 - Vínculo do conteúdo isomeria com tarefas básicas da profissão de professor de química	204
Quadro 21 - Conteúdo proposto para o Sistema Didático	206
Quadro 22 - Características estruturais e das propriedades exibidas pelos isômeros para a determinação da invariante da habilidade de identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades, dentro do limite de generalização eleito	215
Quadro 23 - Estrutura da atividade de identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades	216
Quadro 24 - A invariante funcional de execução da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros	218
Quadro 25 - Controle inicial da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros	223
Quadro 26 - Tarefas utilizadas para a formação da habilidade	227
Quadro 27 - Situação de ensino 1 - Tarefa motivadora	228
Quadro 28 - Situação de ensino 2 - Tarefa motivadora	230
Quadro 29 - Ações propostas para abordagens integrativas e relacionais envolvendo o conteúdo isomeria, com base em alguns dos conhecimentos químicos, habilidades e valores constantes da base comum para o ensino de química ...	231
Quadro 30 - Ações propostas para abordagens integrativas e relacionais envolvendo o conteúdo isomeria, com base em alguns dos conhecimentos, habilidades e valores relativos à história, à filosofia da química e às suas relações com a sociedade e o ambiente	232
Quadro 31 - Situação de ensino 3 – Tarefa para o estabelecimento da BOA	236

Quadro 32 - Situação de ensino 4 – Tarefa para o estabelecimento da BOA	238
Quadro 33 - Modelo da atividade de explicar as propriedades dos isômeros	242
Quadro 34 - Diferentes possibilidades a serem utilizadas para a elaboração de tarefas para as etapas de assimilação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros	246
Quadro 35 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal	247
Quadro 36 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa do tipo lógico	249
Quadro 37 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa do tipo psicológica	250
Quadro 38 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal envolvendo correlação entre aspecto histórico e experimental	252
Quadro 39 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal utilizando fórmulas estruturais	253
Quadro 40 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal para a etapa da linguagem externa, para os outros	254
Quadro 41 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal para a etapa da linguagem externa, para os outros, envolvendo o uso de simulações	255
Quadro 42 - Situação de ensino sugerida fora do limite de generalização, sugerida para a etapa da linguagem externa, com os outros	257
Quadro 43 - Situação de ensino fora do limite de generalização, sugerida para a etapa da linguagem externa, com os outros	257
Quadro 44 – Situação de ensino 16 – Tarefa do tipo lógico para formação do grau de generalização	258
Quadro 45 - Situação de ensino do tipo interpretativa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa material/materializada	259
Quadro 46 - Situação de ensino do tipo interpretativa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa da linguagem verbal, com os outros	260
Quadro 47 - Situação de ensino do tipo direta e inversa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa material/materializada	261

Quadro 48 - Situação de ensino do tipo direta e inversa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa da linguagem externa, para si	262
Quadro 49 – Situação de ensino 21 – Tarefa interpretativa	263
Quadro 50 – Situações de ensino de acordo com a forma da ação	264
Quadro 51 – Situações de ensino propostas para a etapa mental	266
Quadro 52 - Sugestão para os trabalhos dos licenciandos e do professor na realização e no controle do processo de formação da habilidade	268
Quadro 53 - Níveis de desenvolvimento da habilidade de identificar isômeros e explicar as suas propriedade	270

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 O OBJETO DE ESTUDO	21
1.2 O INTERESSE PELO ESTUDO	21
1.3 O PROBLEMA.....	22
1.4 OBJETIVO GERAL	36
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
1.6 A TESE	37
1.7 A NOVIDADE DO ESTUDO E SUAS CONTRIBUIÇÕES.....	37
1.8 O REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	37
1.9 A ESTRUTURA DA TESE	40
2 O CONHECIMENTO PROFISSIONAL PARA ENSINAR E FORMAR	
HABILIDADES: UMA REFLEXÃO NA FORMAÇÃO INICIAL DO	
PROFESSOR DE QUÍMICA.....	42
2.1 POR UMA CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE DO PROFESSOR DE	
QUÍMICA DESDE A SUA FORMAÇÃO INICIAL	43
2.2 OS SABERES NECESSÁRIOS À BASE DE CONHECIMENTOS DO	
PROFESSOR DE QUÍMICA A SEREM DESENVOLVIDOS EM SUA	
FORMAÇÃO INICIAL	55
3 A EXPLICAÇÃO DAS DIFERENÇAS NAS PROPRIEDADES DOS	
ISÔMEROS.....	65
3.1 A EXPLICAÇÃO DA ESSÊNCIA DO ISOMERISMO: UMA	
CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSOLIDAÇÃO DA QUÍMICA	65
3.2 AS PARTICULARIDADES DO ISOMERISMO: A IDENTIFICAÇÃO DE	
DIFERENTES TIPOS DE ISÔMEROS E AS DIFERENÇAS NAS	
PROPRIEDADES DAS SUBSTÂNCIAS ISOMÉRICAS	79
3.3 A HABILIDADE EXPLICAR E EXPLICAÇÃO NO ENSINO-	
APRENDIZAGEM DE QUÍMICA	96
4 A FORMAÇÃO DE HABILIDADES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA	
DE P. YA. GALPERIN	107
4.1 HABILIDADE, UMA CATEGORIA PSICO-PEDAGÓGICA	107
4.2 AS BASES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA TEORIA DE	

GALPERIN	115
4.3 A RELAÇÃO ENTRE A APRENDIZAGEM E O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS, SEGUNDO GALPERIN	123
4.4 ETAPAS PARA A FORMAÇÃO DA AÇÃO MENTAL, UM SISTEMA DE MOMENTOS FUNCIONAIS PARA A ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS SEGUNDO A TEORIDA DE GALPERIN	128
4.4.1 Etapa motivacional	129
4.4.2 Etapa de estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação, a BOA	130
4.4.3 Etapa de formação da ação na forma material ou materializada	136
4.4.4 Etapa de formação da ação como linguagem verbal externa	139
4.4.5 Etapa formação da ação na linguagem externa na comunicação “para si” ..	141
4.4.6 Etapa da formação da ação no plano mental	143
5 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	147
5.1 PRESSUPOSTOS DA PESQUISA	146
5.2 ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS	149
5.2.1 Investigação da abordagem do conteúdo isomeria em fontes bibliográficas .	150
5.2.1.1 <u>A seleção das fontes de pesquisa</u>	150
5.2.1.1.1 <i>Os documentos oficiais destinados selecionados</i>	151
5.2.1.1.2 <i>Os livros de química orgânica selecionados</i>	151
5.2.1.1.3 <i>Os processos seletivos selecionados</i>	153
5.2.1.1.3.1 <i>Os Sistemas Seriados de Avaliação (SSA)</i>	153
5.2.1.1.3.2 <i>O ENEM</i>	155
5.2.1.2 <u>A Análise da abordagem do conteúdo isomeria nas fontes de pesquisa</u>	155
5.2.1.2.1 <i>A análise dos documentos oficiais</i>	155
5.2.1.2.2 <i>A análise dos livros de química orgânica</i>	156
5.2.1.2.1.1 <i>As categorias de análise dos livros de química</i>	156
5.2.1.2.1.2 <i>A coleta de dados nos livros de química</i>	159
5.2.1.2.1.3 <i>Organização e tratamento dos dados nas análises dos livros de química</i>	162
5.2.1.2.3 <i>A análise das questões de química dos processos seletivos</i>	164
5.2.2 Estruturação do Sistema Didático para a formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros	164
5.2.2.1 <u>Critérios para a definição do objetivo e dos indicadores qualitativos</u>	165

5.2.2.2 <u>Cr�terios para a organiza�o do conte�do</u>	166
5.2.2.3 <u>Cr�terios para determina�o do sistema de tarefas</u>	166
6 A ABORDAGEM DA ISOMERIA NOS LIVROS DID�TICOS DE QU�MICA	168
6.1 ISOMERIA: UM CONTE�DO QU�MICO A SER ENSINADO	168
6.2 A ABORDAGEM DA ISOMERIA NOS LIVROS DE QU�MICA E NAS PROVAS DOS PROCESSOS SELETIVOS PARA INGRESSO NAS UNIVERSIDADES	171
7 UM SISTEMA DID�TICO PARA A FORMA�O DA HABILIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES DOS IS�MEROS: CONTRIBUI�OES DA TEORIA DE P. YA. GALPERIN	200
7.1 OS OBJETIVOS E OS INDICADORES QUALITATIVOS DO SISTEMA DID�TICO	201
7.1.1 O objetivo do Sistema Did�tico	201
7.1.2 Os indicadores qualitativos	201
7.2 A ORGANIZA�O DO CONTE�DO DE ISOMERIA	203
7.2.1 A sele�o e estrutura�o do conte�do	203
7.2.2 A estrutura da atividade de explicar as propriedades dos is�meros e a invariante funcional para a execu�o da habilidade	214
7.3 A ESTRUTURA�O DO PROCESSO DE ASSIMILA�O	221
7.3.1 Diagn�stico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade identificar is�meros e explicar as diferen�as nas suas propriedades	222
7.3.2 O processo de aprendizagem, a forma�o da habilidade	226
7.3.3 Planifica�o de um sistema de tarefas para a forma�o da habilidade	246
7.3.3.1 <u>Tarefas para a forma�o da generaliza�o</u>	247
7.3.3.2 <u>Tarefas para a forma�o da consci�ncia</u>	258
7.3.3.3 <u>Tarefas de acordo com a forma da a�o e para a forma�o do grau de independ�ncia</u>	263
7.3.4 O controle do processo de forma�o da habilidade	267
CONSIDERA�OES FINAIS	272
REFER�NCIAS	276
AP�NDICES	294
ANEXO	308

1 INTRODUÇÃO

Esta tese se situa na área de Educação, na linha de pesquisa de Formação e Profissionalização Docente e no campo da Didática das Ciências Naturais. Ela trata do desenvolvimento de um Sistema Didático voltado a contribuir para que os futuros professores¹ de química reflitam como ensinar a formar, de modo intencional e conjunto, conceitos e habilidades no ensino de química escolar.

1.1 O OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo é o ensino de conceitos em isomeria a licenciandos em química, pela via da formação de habilidades. Esse objeto emerge da perspectiva de ensinar a licenciandos em química a ensinarem conteúdos químicos, com base na relação dialética entre a atividade formativa inicial e a atividade profissional do professor de química.

Considerando as tarefas da profissão e base de conhecimentos necessários ao professor de química, o objeto de pesquisa se insere no contexto de consolidação de uma habilidade mais ampla, mais geral, a habilidade explicar as propriedades das substâncias. Delimitou-se ainda mais o objeto, direcionando-o ao ensino-aprendizagem de química orgânica, especificamente ao conteúdo químico isomeria. O conceito de isômeros é central na química, portanto, conhecimentos e habilidades em isomeria devem ser aprendidos pelos licenciandos na perspectiva de serem futuramente ensinados no principal campo de exercício profissional do professor de química: a escola. Por isso, a pesquisa se volta ao estabelecimento de referenciais para ensinar os futuros professores a aprenderem a formar uma habilidade mais específica: a habilidade explicar as diferenças das propriedades dos isômeros.

1.2 O INTERESSE PELO ESTUDO

As motivações para realizar a pesquisa emergiram da necessidade de se investigar e apontar soluções à contradição existente entre a importância da apropriação de conceitos e de formação de habilidades intelectuais, habilidades do pensamento, nos estudantes e a falta de preparação dos professores de química em como ensinar um conteúdo nessa perspectiva, de modo conjunto e intencional. Essa relação contraditória envolvendo o objeto de pesquisa tem

¹ O texto está escrito tomando o elemento masculino da língua portuguesa como referencial de grafia no uso do plural. Procedeu-se assim exclusivamente para facilitar a leitura.

permeado o meu trabalho como professor e formador de professores de química, no Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Uma motivação adicional pelo trabalho foi desencadeada com a maior proximidade com o Enfoque Histórico-Cultural, após o contato com o Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez. O lidar com esse referencial me proporcionou um novo olhar e incentivou novas reflexões sobre as atividades desenvolvidas no ensino superior, em especial nos cursos de licenciatura em química. No exercício profissional de professor, percebi que muitas das práticas pedagógico-didáticas difundidas no ensino de química, inclusive no meu contexto local e as minhas também, ainda que bem-intencionadas, não se configuravam como práticas intencionais quanto à apropriação de conceitos e a formação de habilidades. O contato com pesquisas da área e as vivências em processos de implantação e análise de políticas curriculares também me permitiram ratificar o distanciamento entre o proposto e o que é realizado.

1.3 O PROBLEMA

A apropriação de conceitos pela via, intencional, da formação de habilidades ainda não se difundiu dentro do sistema educacional brasileiro. Essa situação é um dos indicativos do quanto a formação inicial de professores se insere em um cenário mais amplo e marcado por uma relação fragmentada entre as escolas e as instituições formativas. Uma desarticulação que incide diretamente nas salas de aulas escolares. Considerando-se tanto os fatores exógenos quanto os endógenos, verifica-se que tal questão exhibe o contexto desprofissionalizante no qual ocorre a formação inicial de professores. É dentro dessa situação contraditória que se configura a problemática em torno do objeto de pesquisa, conforme é discutido a seguir.

O século XXI continua marcado por impressionantes avanços ocorridos nas últimas décadas. Eles incidem no dinamismo das mudanças econômicas, sociais, culturais e políticas, exigindo modos de inteligibilidade mais complexos. Nas diferentes atividades humanas, cresce a significância da cultura científica e da necessidade do domínio científico-tecnológico. Esses avanços também passaram a requerer das pessoas uma capacidade² intelectual mais dinâmica. Um maior dinamismo para aprender, para criticar, para buscar soluções e para propor alternativas nas diversas situações com as quais interagem. Atualmente as pessoas

² A categoria teórica capacidade é tomada neste texto em concordância com o sentido existente em Talízina: “A capacidade é aquela atividade que se orienta até o essencial, o que se encontra na base de uma grande quantidade de fenômenos. Por causa disso, a pessoa que adquire esse tipo de atividade, posteriormente e sem ensino algum, consegue trabalhar exitosamente com qualquer fenômeno de uma dada classe. Considera-se essa pessoa como capaz”. (TALÍZINA, 2009, p.38).

precisam utilizar um pensamento mais elaborado. Conforme alertara Vázquez (2007, p.53): “Hoje mais do que nunca, os homens precisam esclarecer teoricamente a sua prática social e regular conscientemente as suas ações como sujeitos da história”. Porém, contraditoriamente ao requerido, as práticas sociais da maioria das pessoas ainda revelam a utilização pouco expressiva ou a ausência de um pensamento mais elaborado, ou seja, de um pensamento teórico, um pensamento científico. Além de causar dificuldades de desenvolvimento individual, tal defasagem contribui para a manutenção e/ou aumento de diferenças sociais.

O descompasso entre a necessidade e a efetiva utilização de um conhecimento mais elaborado tem contribuído para que a ruptura, de forma explícita ou não, entre o significado e o sentido das ações humanas atinja níveis altamente preocupantes. Tal discrepância remete ao distanciamento dos homens tanto em relação à socialização do conhecimento historicamente construído quanto dos valores relacionados à busca por uma sociedade melhor, mais justa e igualitária. Valores como o direito ao acesso ao conhecimento, o respeito, a coletividade e ao bem-comum, gradativamente, perdem significância em nosso tempo. Utilizando o alerta de Duarte (2004, p.59): “[...] esse processo social de alienação poderá levar a catástrofes sociais e ambientais sem precedentes na história humana se não houver uma mudança radical na lógica do metabolismo social”. Tal panorama implica em grandes desafios para a educação. Assim, a educação de sujeitos para enfrentar as exigências vigentes se constitui em um desafio especial para a escola, pois ela também é uma instituição “permeada por uma cultura própria das formas de produção e socialização do conhecimento no século XXI” (NÚÑEZ; RAMALHO; 2012, p.231).

As atuais demandas sociais exigem que a escola contribua de forma decisiva para um extenso aperfeiçoamento do pensar, desafiando-a cada vez mais a desenvolver a capacidade intelectual dos sujeitos. Corroborando com Davidov (2002, p. 49)., “O saber contemporâneo pressupõe que o homem domine o processo de origem e desenvolvimento das coisas mediante o pensamento teórico [...]”. Desse modo, o desenvolvimento da capacidade intelectual dos sujeitos implica em um maior domínio teórico. Um domínio também necessário para saber acessar e interpretar o conhecimento nas informações, que são cada vez mais volumosas e mais disponíveis. Portanto, para que os estudantes desenvolvam o pensar e com ele sejam críticos e participativos, eles deverão ter um alto nível de atividade intelectual. Histórica e formalmente, esse tipo de educação cabe à escola.

No Brasil, o contraste entre as demandas postas pelas necessidades do contexto mundial e a realidade vigente nas práticas sociais estimularam o desenvolvimento de tentativas para elevar os índices das avaliações do sistema educacional. Especificamente na

educação pública escolar, os resultados negativos têm estimulado a elaboração de diferentes propostas para a melhoria da aprendizagem dos estudantes. A extensão do dia letivo e o aumento do tempo de permanência na Educação Básica exemplificam algumas dessas tentativas, que têm resultado na formulação de diferentes propostas educacionais, como o Ensino Médio Inovador e as Escolas de Períodos Integrais. Atualmente, percebe-se que essas políticas públicas pretendem contribuir para a reversão do cenário educacional vigente no País. No entanto, quanto à busca por um salto qualitativo na aprendizagem dos estudantes, elas ainda se distanciam do real funcionamento interno das escolas.

Os resultados de diferentes análises sobre os sistemas educacionais têm mostrado uma educação escolar ainda distanciada da formação de estudantes que, em seus modos de inteligibilidade, afirmem-se como cidadãos pensantes, críticos, participativos e engajados na luta por uma sociedade mais justa e igualitária. Como destaca Libâneo, verifica-se que uma parcela significativa das propostas de ações inovadoras submetidas às escolas públicas brasileiras não priorizam a formação humana mediante as práticas de ensino-aprendizagem centradas “[...] no conhecimento, no domínio dos saberes e instrumentos culturais disponíveis na sociedade e no desenvolvimento de competências cognitivas, da capacidade de pensar e de aprender” (LIBÂNEO, 2008, p.177). Desse modo, os sistemas educacionais permanecem desafiados a redirecionarem os seus rumos e, dialeticamente, a reforçarem o papel da escola a continuar a exercer a função basilar de instruir e de contribuir para a educação das pessoas, objetivando ensinar o sujeito a pensar. Saber pensar para se desenvolver melhor; para se humanizar; para ser agente de transformação para um mundo melhor.

Contrariando as necessidades formativas, a prioridade da orientação do processo de ensino-aprendizagem mantém-se tradicionalmente direcionada ao nível reprodutivo. Conforme também acontece em outras áreas, de um modo geral, no ensino de química os estudantes são apresentados ao conceito químico como um produto acabado. Depois, eles são conduzidos a desenvolverem as ações mentais que permitem a aplicação desses conceitos e proporcionam o desenvolvimento das habilidades em relação ao conceito trabalhado, por meio da resolução de exercícios. Com ou sem a intencionalidade e/ou a consciência desse processo, normalmente esse é o processo efetivado. Desse modo, no ensino tradicional, frequentemente, os professores também não levam o estudante a dirigir de modo consciente as ações necessárias para a assimilação de novos conceitos. Com isso, o estudante recebe uma ampla possibilidade de cumprir ou não essas ações desconhecidas ou de cumpri-las ao seu modo. Tal procedimento o leva a executar a ação casualmente e a assimilar o conceito também de modo casual.

O tipo de metodologia ainda utilizada no ensino tradicional é insuficiente para a orientação do estudante, porque lhe dá a possibilidade de não fazer o necessário e introduzir o desnecessário, conforme já fora destacado por Galperin décadas atrás (GALPERIN, 2001a-f). Desse modo, muitos estudantes efetuam resoluções erradas para as tarefas com as quais se deparam. Em termos metodológicos, a deficiência básica consiste em não se considerar nem em se dirigir adequadamente a ação sobre a qual se forma um dado conceito. Esse tipo de postura muitas vezes se associa a um ensino-aprendizagem conduzido pelo improvisado e/ou pela espontaneidade. Com isso, utilizam-se estratégias inapropriadas para o desenvolvimento de um pensamento teórico e, conseqüentemente, dificulta-se a aprendizagem. Esse caminho também tem contribuído para estimular o estudante a não se sentir um sujeito ativo da sua aprendizagem e para a disseminação da superficialidade conceitual no ensino escolar, reduzindo-se a exigência do domínio cognoscitivo. Particularmente no ensino de química, tal situação corrobora com diferentes diagnósticos realizados por pesquisadores da área, como Sirhan (2007), Aymerich (2004).

O atual momento histórico também exige que o estudante saiba lidar com a grande quantidade de conhecimentos disponibilizados. No entanto, a escola não pode proporcionar todo o acúmulo de conhecimentos culturalmente elaborados, para auxiliar no desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes. Portanto, é preciso capacitá-los a selecionar e dominar os conteúdos gerais e relevantes para compreender e solucionar diferentes tarefas. Concordando com Núñez, isso implica em “(...) formar métodos de orientação do objeto de estudo das disciplinas (...)” (NÚÑEZ, 2009, p.166). Tal orientação se associa a mais uma das necessidades do nosso momento histórico: o desenvolvimento da capacidade de se pensar de forma sistêmica. Esse tipo de pensamento também deve ser tomado na seleção e na organização curricular efetuada pelos professores.

A formação de um pensamento teórico deverá salientar as estratégias pelas quais os estudantes aprendem a internalizar conceitos mais integradores, de modo a se constituírem em instrumentalidades para lidar com a realidade, dialeticamente, de modo prático, pela utilização de um pensamento teórico abrangente. Com isso, eles devem ser capazes de enfrentar dilemas, tomar decisões e formular estratégias de ação. Nessas estratégias os estudantes necessitam de uma interiorização do “por quê” e do “para quê” realizam determinada atividade, a fim de saberem “como fazer” o que lhes é requerido. Porém, atualmente esse grau de consciência sobre a instrumentalidade para articular o conteúdo (“o quê”), os objetivos (“pra quê”) e o processo de aprendizagem (“como fazer”) se distancia do ensino-aprendizagem da maioria das escolas brasileiras e tem sido uma ausência sentida no

ensino das ciências naturais. Superar essa lacuna é outro desafio educacional, particularmente na formação inicial de professores de ciências, em especial do professor de química.

As reflexões anteriores mostram que ensinar os estudantes a pensar teoricamente e de forma sistêmica, para que possam atuar de modo ativo, reflexivo e crítico não pode ser considerado como um assunto do século passado. Isso continua sendo um problema do sistema educacional. Uma das principais formas apontadas para um melhor êxito no processo de ensino-aprendizagem nessa direção almejada é orientando a formação de conceitos também à formação de habilidades (DAVIDOV, 2002). Hoje, independentemente de vieses ideológicos assumidos, há certo consenso de que se deve proporcionar um processo de ensino-aprendizagem nesse sentido³.

O Enfoque Histórico-Cultural considera que os conhecimentos se manifestam nas habilidades adquiridas e que a apropriação de conceitos está imbricada com o desenvolvimento de habilidades, conduzindo à formação de um pensamento teórico dos estudantes (NÚÑEZ, 2009; TALÍZINA, 1984; DAVIDOV, 1986). Em seus trabalhos Galperin (2001/1965a, 1979) faz essa vinculação dialética e destaca a atividade orientadora como a condição fundamental para determinar o modo de pensar do estudante e a estruturação do seu pensamento teórico. O ensino pautado no desenvolvimento de habilidades contribui para capacitar os estudantes a operarem com generalizações teóricas, com a essência do conhecimento. Ao mesmo tempo, ele contribui para um melhor domínio e utilização de procedimentos de exposição oral e escrita, vinculados às habilidades cognitivo-linguísticas argumentar, justificar e explicar, como é desejável no processo de ensino-aprendizagem, inclusive no ensino de química (BRASIL, 2006; NÚÑEZ, SILVA, 2008).

No Brasil, especialmente a partir da década de 1990, o termo “formação de competências e habilidades”⁴ se incorporou fortemente ao linguajar educacional. Presente nos documentos oficiais dos distintos níveis de ensino, essa expressão tornou-se constante nas falas dos professores e nos projetos político-pedagógicos do nosso sistema educacional. Porém, o cenário vigente é contraditório com as atuais orientações oficiais para a educação

³ Por volta da década de 1970, a temática “formação de habilidades” passou a receber mais atenção da comunidade educacional. Tal interesse foi intensificado por causa das inquietudes geradas nos decréscimos dos desempenhos intelectuais dos estudantes (ARONS, 1976).

⁴ Os termos competência e habilidade são polissêmicos e se configuram segundo diferentes contextos e perspectivas teóricas. Como nesta pesquisa será investigado o desenvolvimento de habilidades de modo independente da categoria competência, esta última não será aprofundada ao longo deste trabalho. No entanto, desde já, assim como o fazem outros autores citados nesse trabalho, mesmo quando as incorporam aos seus discursos, assume-se que o uso desse termo ao longo do texto se distancia de qualquer visão pragmática e mercantilista da educação, que submetem o desenvolvimento humano à ordem do capital.

brasileira. Os baixos desempenhos discentes nas avaliações da educação básica e do ensino superior são exemplos nessa direção.

A desarticulação entre a formação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades leva a diferentes problemas. No ensino de ciências, particularmente, dificulta-se o desenvolvimento da capacidade do estudante em estabelecer a relação do objeto ou fenômeno com um feito, conceito ou lei, limitando o desenvolvimento do seu pensamento lógico-verbal. Especificamente considerando das habilidades cognitivo-linguísticas, a importância dos seus domínios contrasta com as fragilidades demonstradas pelos estudantes quando lhes é requerido expor o seu pensamento científico (NÚÑEZ, RAMALHO; UEARA, 2012; QUEIROZ; OLIVEIRA; BATISTA, 2010; EDER; ADURIZ-BRAVO, 2008).

As dificuldades no desenvolvimento de habilidades cognitivo-linguísticas estão associadas a diferentes fatores. No ensino de ciências, muitas vezes é difícil precisar se as dificuldades mostradas pelos estudantes no domínio dessas habilidades se devem a uma má compreensão dos conceitos científicos, necessários para responder à demanda do aprendiz, ou a um não domínio do gênero linguístico correspondente à mesma (PORLAN; POZO, 1996). Por exemplo, é comum se verificar um desconhecimento por parte dos estudantes tanto do “padrão temático” (conteúdo) como do “padrão estrutural” (forma), como pode ser verificado quando os estudantes elaboram um texto científico explicativo. No século passado, essa constatação foi destacada por diferentes autores, como Lemke (1997), mas continua sendo verificada nas salas de aulas.

Outro fator que dificulta o desenvolvimento de habilidades cognitivo-linguísticas também se associa ao pobre desenvolvimento de habilidades gerais, como definir, identificar e classificar. O domínio dessas habilidades gerais também é importante para se formular descrições, justificações e explicações.

A falta de abordagens dentro das diferentes disciplinas curriculares é mais um aspecto contributivo para as dificuldades de formação de habilidades cognitivo-linguísticas. Essa observação foi destacada antes do início da última década do século passado por Pozo e Gomez Crespo (1988) e ainda é recorrente em pesquisas no ensino de química (QUEIROZ, OLIVEIRA; BATISTA, 2010; GIRELLI *et al.*, 2010; NÚÑEZ; SILVA, 2008). Apesar de a formação dessas habilidades está vinculada e ser recomendada no ensino-aprendizagem das diferentes disciplinas, ela tem sido usualmente delegada à disciplina da língua pátria. As aulas de biologia, física e química são usualmente negligenciadas como momentos de comunicação nos quais se constroem significados por meio da linguagem. Ao agir desse modo, desconsidera-se que as habilidades cognitivo-linguísticas devem ser compreendidas,

aprendidas e ensinadas também como parte dos conteúdos das disciplinas científicas. Tal problema tem sido observado no sistema educacional brasileiro, embora as orientações curriculares preconizem o contrário (BRASIL, 2006, 2002, 2000).

As considerações supracitadas reforçam a necessidade de transformações no sentido de se efetivar a apropriação de conceitos a um processo imbricado à formação de habilidades, de modo a assegurar um salto qualitativo nas aprendizagens dos estudantes. Nesse sentido, mesmo considerando as questões intrínsecas e extrínsecas associadas ao nosso sistema educacional, as responsabilidades atribuídas aos professores são bem maiores. Como reforça Gatti (2009, p.91): “[...] o papel do professor é absolutamente central. Qualquer que seja o tipo de relação estabelecida, e as formas dos processos educativos, o professor é figura imprescindível”.

A apropriação conceitual pela via da formação de habilidades se associa às exigências por melhores modos de inteligibilidade desejados aos cidadãos. Deseja-se que o sistema educacional funcione no sentido da formação de um novo perfil de estudante, estimulado pelo desenvolvimento do pensamento teórico, pela formação de conceitos e de habilidades. Recomenda-se que os professores da educação básica e da educação superior adotem diferentes estratégias teórico-metodológicas para tal propósito (BRASIL, 2006, 2002). Porém, uma parcela significativa dos professores da educação básica e da educação superior não se sente capacitada e nem tem sido profissionalmente preparada para tanto. Além disso, como destacam Núñez e Ramalho (2011, p.32): “Muito se tem discutido e publicado em relação à categoria competência na educação básica. Não obstante, a esse debate não se tem incluída a categoria habilidade”. Na formação de professores, no geral, e na formação inicial de professores de química, em particular, há pouca ênfase no uso de estratégias didáticas selecionadas e organizadas para tal finalidade. Estratégias que sirvam de referência para o desenvolvimento dos saberes necessários à base de conhecimentos⁵ para o desempenho da atividade profissional do professor. Portanto, o futuro professor precisa ser capacitado a saber enfrentar e lidar, desde a sua formação inicial, com esse tipo de demanda socioeducativa posta na atualidade.

Na maioria dos cursos de licenciatura, a formação de habilidades não é assumida intencionalmente na formação inicial dos futuros professores, em especial nas disciplinas de conteúdo específico. A falta de embasamento teórico-metodológico pode estar contribuindo para que haja uma desarticulação entre a formação de conceitos e desenvolvimento de

⁵ Dias, Núñez e Ramalho (2004) apontam diferentes características entre conhecimentos e saberes, compreendendo-os como categorias relacionais, porém distintas. Concordando com esses autores, considera-se que o conhecimento é social, um produto da aprendizagem sistematizada de outros sujeitos, e pode ser transmitido, mas não é transformador. O saber depende das relações que o sujeito estabelece no contexto social com o conhecimento, e lhe proporciona a capacidade de transformar, a si mesmo e aos outros.

habilidades e que esse processo ocorra de maneira casual e espontânea, tanto nos licenciandos quanto nos próprios professores. Com isso, estimula-se que os conhecimentos disciplinares sejam estudados à margem do conhecimento pedagógico, ou seja, desarticulados das situações inerentes ao exercício profissional cotidiano dos futuros professores. Esse tipo de situação se desvincula da necessária relação dialética entre a construção de uma identidade docente já na formação inicial e o trabalho na profissão de professor.

A falta de atividades pedagógico-didáticas na formação de conceitos e de habilidades, de modo conjunto, ao longo da vivência em um curso de licenciatura retroalimenta uma prática pedagógica associada a visões simplistas sobre o ensinar. Essa prática se mantém pautada no senso comum pedagógico de que “basta dominar os conteúdos conceituais químicos para se ensinar bem química”. Ingênua ou soberba, essa visão ainda é bem difundida e dominante nos discursos do corpo docente de muitos cursos de licenciatura em química do Brasil. Conforme apontado por Gatti, tais posicionamentos reforçam as discussões de que ainda existe “[...] ausência nos cursos de licenciatura, e entre seus docentes formadores, de um perfil profissional claro de professor enquanto profissional (em muitos casos será preciso criar, nos que atuam nesses cursos de formação, a consciência de que se está formando um professor)”. (GATTI, 2009, p.97, grifo da autora). A superação desse senso comum pedagógico é um dos desafios para o estabelecimento da profissionalização da docência desde a formação inicial dos futuros professores de química. Para isso, é preciso se efetivar uma mudança conceitual, metodológica e atitudinal para direcionar a formação de professores. Utilizando uma afirmação de Libâneo (2006, p.6) para essa discussão: “[...] isto traz implicações importantes para o ensino, pois se o que está mudando é a forma como se aprende, os professores precisam mudar a forma de como se ensina”. Nesse sentido, os futuros professores de química precisam também aprender na perspectiva de como futuramente saber ensinar, ou seja, eles precisam de referenciais para saber ensinar dentro dessa perspectiva.

Os futuros professores necessitam de experiências que lhe permitam vivenciá-las na perspectiva de uma concreta aplicação em seu principal campo de atuação profissional, a escola. Dessa forma, propostas teórico-metodológicas voltadas a instrumentalizar a formação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades devem fazer parte da formação dos licenciandos em química. Elas contribuem para a inserção do conhecimento pedagógico na base de conhecimentos do futuro professor de química, que é necessária para a construção da sua identidade docente. Corroborando com Núñez e Ramalho (2005), esse é um tipo de

problema a ser resolvido nas instituições formativas e faz parte do desafio mais amplo: formar o professor como profissional da educação desde a sua formação inicial.

As formações iniciais são processos importantes na construção de identidades pessoais e profissionais dos docentes (NUÑEZ; RAMALHO, 2009). Profissionalmente, trata-se de tempos-espacos nos quais as experiências vivenciadas no ensino-aprendizagem de determinados conteúdos podem servir de referenciais para todo o exercício profissional de um professor. Apesar de as crenças advindas da história de vida dos futuros professores, dos contextos em que são formados e nos quais irão trabalhar serem resistentes, na vivência do curso de licenciatura, muitas dúvidas, ambiguidades, percepções e atitudes podem mudar por meio de um adequado programa de formação. Consequentemente, dentro das disciplinas, é necessário que o professor em formação possa transformar suas teorias pessoais sobre o ensino-aprendizagem. Simultaneamente, é preciso que nas disciplinas, inclusive as de conteúdos específicos, construa-se mais conhecimento procedimental e mais esquemas práticos para futuras ações em aula, quando no seu exercício profissional.

Esta pesquisa se volta a contribuir com o sentido almejado, pela proposição, cientificamente fundamentada, de um sistema didático que contribua para dar referências aos futuros professores para ensinarem química na escola. Um sistema voltado a desenvolver um processo de assimilação⁶ de conceitos e de formação de habilidades com base na valorização do conhecimento químico historicamente produzido e no trabalho racionalmente mediatizado pelo professor, considerando-o um profissional a ser capacitado para tanto. O conteúdo químico relacionado à proposta é a isomeria.

A isomeria⁷ é o resultado da mediação didática do conhecimento disciplinar para o conhecimento curricular da compreensão do fenômeno do isomerismo e do estabelecimento do conceito de isômero, que é um conceito central na química (ROJAS; GARCIA; ALVAREZ DIAZ, 1990). A inclusão de conteúdos de isomeria no currículo químico é o reflexo da importância histórica e cultural do isomerismo na química, que passou a ser difundido em livros de química orgânica e a ser ensinado, a partir da segunda metade do século XIX (KONOVALOV, 2011; LEWIS, 1995).

A abordagem da isomeria traz a possibilidade do envolvimento de alguns dos objetivos propostos para o ensino de química, tais como:

⁶ Segundo o referencial teórico assumido, a assimilação é sinônimo de apropriação e correspondem a aquisição das formas culturalmente produzidas pela humanidade, como o conhecimento científico.

⁷ Os termos isomeria e isomerismo são utilizados de formas distintas ao longo do texto. A isomeria é associada ao aspecto pedagógico-didático do conteúdo químico, enquanto o termo isomerismo se refere ao fenômeno químico.

- i) reflexão sobre a natureza e a estrutura do conhecimento químico e identificação de grandes ideias e conceitos integradores (JENSEN, 1998);
- ii) reconhecimento do importante papel que os sistemas de classificação exercem sobre a organização do conhecimento químico e na predição de propriedades da matéria (SCHUMMER, 1998);
- iii) oferta de condições que facilitam a identificação e a compreensão de aspectos macroscópicos, dos modelos microscópicos e da linguagem química utilizada para representar as moléculas (JOHNSTONE, 1993, 1991).

Além de serem apontados por diferentes pesquisadores em Educação Química, tais objetivos também constam nas orientações curriculares para o ensino de química escolar em nosso País (BRASIL, 2006). De modo mais específico, recomenda-se que conteúdo isomeria envolva o estudo sobre as estruturas, as propriedades e as aplicações das substâncias. Essa relação deve ser contemplada nas explicações envolvendo as substâncias químicas.

Explicar as propriedades das substâncias é uma habilidade a ser desenvolvida no ensino de química (BRASIL, 2006; NÚÑEZ; PACHECO, 1996a-c; NÚÑEZ, 1992). O seu domínio é importante para o estabelecimento de relações entre os níveis fenomenológicos, teóricos e simbólicos do conhecimento químico. Uma das formas de contribuir para consolidar essa habilidade geral se dá por meio da sua utilização em situações mais específicas, mais particulares, ao longo do ensino de conteúdos químicos, como é o caso da explicação das diferentes propriedades exibidas pelos isômeros.

As substâncias isoméricas possuem pelo menos uma propriedade diferente. Por causa das variações e especificidades das suas propriedades físicas, químicas e/ou biológicas, os isômeros podem ter diferentes aplicações, que passaram a despertar um maior interesse da comunidade química a partir do século XIX. Atualmente, em especial, na indústria, na agricultura e na medicina, a compreensão das propriedades das substâncias isoméricas tende a adquirir um interesse social cada vez maior. Como alguns exemplos, têm-se: a regulamentação sobre a utilização de gorduras *trans* nos produtos alimentícios, as aplicações dos feromônios na agricultura e a produção de fármacos “inteligentes”. Porém, como Koppin afirmara: “(...) ninguém dúvida de que a ciência é capaz de servir ao homem, mas que os seus resultados têm sido, também, muitas vezes, aplicados em detrimento da Humanidade”. (KOPPIN; 1978, p. 19). Isso pode ocorrer com os isômeros. Muitas propriedades dos isômeros podem ser diferentes e, até mesmo, antagônicas. Isso pode levar a graves problemas, tanto individuais quanto sociais, conforme foi verificado com a talidomida, cujos efeitos

danosos do desconhecimento dessas propriedades ainda permanecem na saúde e na vida de muitas pessoas até os nossos dias.

O ensino-aprendizagem em isomeria deve possibilitar que os estudantes expliquem a diversidade de casos de isômeros e expliquem o porquê dos isômeros possuírem propriedades diferentes, que também podem limitar as potencialidades dos seus usos. Com isso, eles devem ser capazes, por exemplo, de explicar o porquê de: certo isômero(s) ter(em) temperatura(s) de fusão diferente(s); alguns são opticamente ativos, outros não; um isômero apresentar determinada atividade farmacológica, outro ser teratogênico; um atuar como solvente, outro sedar; um ter sabor muito doce e ser energético, outro ser levemente adocicado e não metabolizado pelo organismo; um controlar pragas sem danos ambientais, outro poluir e contaminar diferentes espécies; entre vários isômeros, um ser decisivo para a qualidade da gasolina. Portanto, necessita-se do domínio de conceitos em isomeria e de habilidades a eles associadas para se transpor a superficialidade de discussões baseadas no senso comum e para se poder, criticamente, analisar, interpretar e emitir um posicionamento sobre as informações relacionadas a essas questões.

O domínio de um sistema de conceitos e de habilidades em isomeria pode se transformar efetivamente em instrumento cognitivo do estudante, ampliando tanto o conteúdo quanto a forma do seu pensamento. Com isso, enquanto cidadãos escolarizados, eles podem estar mais aptos a raciocinar cientificamente para desenvolver uma leitura diferente do mundo, comunicando as suas ideias, expressando domínio do conhecimento químico, que também é uma das características desejada para o ensino de química (BRASIL, 2006). Desse modo, tais habilidades devem ser desenvolvidas no ensino médio e/ou tecnológico, sendo extensiva aos cursos superiores que envolvem conteúdos químicos. Consequentemente, nos cursos de formação de professores de química, torna-se fundamental ensinar os futuros professores a ensiná-las. Para tanto, os licenciandos precisam ter contato com propostas direcionadas a essa finalidade.

Há na literatura algumas propostas de estratégias pedagógico-didáticas para ensino de diferentes conceitos de isomeria. O artigo de Quian (2004) propõe a introdução de algumas estratégias didáticas no ensino de química orgânica, com a finalidade de tornar o ensino-aprendizagem mais eficiente e prático e menos centrado no professor. Para isso, ele propõe a inclusão de estudos de casos, aprendizagem baseada em problemas, uso de mapas conceituais e de aprendizagem *on-line* como sugestões, associando-lhes a alguns conceitos de isomeria. A aprendizagem baseada em problemas também foi utilizada por Simões Neto *et al.* (2013), como uma estratégia para promover uma dimensão integradora entre a isomeria na química

inorgânica e na química orgânica. Já Correia *et al.* (2008) concluíram que mapas conceituais podem ser usados para medir o progresso dos estudantes em direção à interdisciplinaridade e para ajudar os professores a conceber futuras atividades escolares para reforçar e expandirem relações interdisciplinares, associando consequências biológicas ao fenômeno de isomerismo.

Algumas propostas de atividades experimentais são apontadas como possibilidades de abordagem de conceitos de isomeria. Imamura e Baptistella (2000) propuseram um experimento de nitração do fenol, envolvendo um método em escala semi-micro, no qual recomendam a abordagem de conceitos de isomeria constitucional. Em outro tipo de abordagem, voltada para um ensino com ênfase em aspectos regionais para a exploração da isomeria em contextos locais, Marcelino-Jr *et al.* (2005) também propõem a exploração da isomeria constitucional, com base na extração de óleo essencial.

Outros trabalhos dentro da temática têm por objeto a estereoisomeria. Barta e Stille (1994) apresentaram um meio para determinar a configuração *R*, *S* de moléculas quirais, utilizando as mãos como modelo de quiralidade, para estabelecer regras de prioridade de seqüências de substituintes no sistema Cahn-Ingold-Prelog (CIP) e auxiliar na correlação direta da configuração absoluta. Yang e Fang (2000) em um trabalho sobre a estereoquímica de compostos de coordenação procuraram desvendar estratégias de resolução de problemas e as dificuldades para os alunos novatos em ciência sobre o processo de resolução de problemas da estereoquímica de compostos coordenação, tanto isômeros geométricos quanto ópticos. Os resultados sugeriram a correlação entre a capacidade estereoquímica e a capacidade de resolução de problemas. Por sua vez, o estudo de Kurbanoglu, Taskesenligil e Sozbilir (2006) comparou o êxito da instrução programada em relação à abordagem de ensino convencional sobre o de ensino estereoisomeria.

Os trabalhos supracitados, de forma geral, não trazem discussões sobre problemas relacionados ao ensino-aprendizagem de isomeria. No estudo que aparenta ser pioneiro nessa direção, Schmidt (1992) indicou a tendência de estudantes pré-universitários restringirem o conceito de isômeros aos isômeros constitucionais, especificamente a compostos pertencentes a uma mesma classe funcional. Por outro lado, os estudantes mostraram dificuldades em relacionar o isomerismo a substâncias de funções orgânicas diferentes, como entre éteres e álcoois. Schmidt levantou as hipóteses de que esta limitação conceitual poderia estar relacionada à: i) terminologia "iso" levar a identificação de isômeros a cadeias carbônicas similares, ou ii) discrepância entre a definição de isomerismo e sua aplicação no ensino e na pesquisa. Ao analisar esses resultados, Taber (2001) compreendeu esse tipo de concepção alternativa como um tipo de erro de

categorização: o estudante fica preso aquilo que se entende por um isômero, mas limita a definição a aplicações mais restritas.

Outras pesquisas apontam para dificuldades dos estudantes em estereoisomeria. A estereoquímica é vista por muitos professores e estudantes dos ensinos médio e superior como sendo “difícil de ensinar” ou “difícil de aprender” (LUJÁN-UPTON, 2001; TABER 2000). Alguns acreditam que dificuldade na compreensão de conceitos a elas associados pode estar ligada tanto à falta de habilidades visio-espaciais (KOZMA, 2000) quanto à própria abstração que envolve a maioria dos conceitos em química, que lida com entidades invisíveis (átomos, moléculas, elétrons, etc.) e faz uso de diferentes modelos (KURBANOGU *et al.*, 2006; FENSHMAN, 2002). Em adição a esse tipo de posicionamento, Correia *et al.* (2010) destacam que as dificuldades conceituais apresentadas por estudantes do ensino médio em isomeria podem se relacionar também a outros conhecimentos químicos estruturantes, como a compreensão de teorias estruturais, ligações químicas e representações de fórmulas estruturais. Rodrigues (2001) também atenta para esse fato, indicando que a deficiência nesses conteúdos básicos compromete os seus desempenhos quando ingressam em cursos de graduação nos quais são requisitados conceitos de química orgânica.

As dificuldades relacionadas aos conteúdos de isomeria também podem ser creditada à ênfase memorística tradicionalmente existente no ensino de química, especialmente em relação à nomenclatura dos compostos orgânicos e às classificações das funções orgânicas, pelos manuais didáticos e por muitos professores (TEIXEIRA; HOLMAN, 2008). Esse problema pode ser agravado pelo fato de os professores do ensino médio exibirem uma forte influência dos livros didáticos escolares nas suas propostas de organização didática do conteúdo isomeria (MARCELINO-JR *et al.*, 2010), assim como também tem sido verificado, de um modo geral, com outros conteúdos, tanto da química quanto de outras áreas (MORTIMER; SANTOS; 2008). Além disso, os livros didáticos de química podem apresentar problemas de ordem histórico-epistemológica que limitem a aprendizagem da isomeria, conforme destacado Hernández (2009). Nesse sentido, a análise crítico-reflexiva de diferentes livros didáticos, assim como outras fontes (como, propostas curriculares e estudos científicos relacionados a determinado conteúdo químico) pode se constituir em uma atividade norteadora de aspectos a serem considerados na estruturação de um sistema didático.

A problemática da estruturação de conteúdos químicos ganhou um maior interesse a partir as últimas décadas do século XX (MOYA; CAMPANARIO; 1999; NÚÑEZ; GONZÁLEZ, 1996 a). Atualmente, o desenho de sistemas didáticos em torno dos conteúdos

disciplinares é um dos objetos fundamentais da investigação da didática das ciências (MORA; PARGA, 2007).

O desenho de sistemas didáticos pode considerar diferentes aspectos para a sua estruturação, os meios de ensino necessários e as formas de avaliação. O papel exercido pelo livro didático coloca-o como uma importante fonte a ser analisada para dar suporte à estruturação de conteúdos. Porém, não no sentido de uma mera transposição acrítica, mas em uma análise que destaque as suas possibilidades e limitações frente às necessidades e os objetivos postos para a formação do futuro professor de química, em relação a sua atividade profissional.

O livro didático de química, assim como acontece nas demais áreas, materializa o desenvolvimento de uma atividade humana, sócio-historicamente contextualizada (NÚÑEZ; RAMALHO, 2003). Pesquisas em tona desse objeto têm indicado que, historicamente, ele passou a ser o principal controlador do currículo e orientando as atividades em sala de aula, incluindo no ensino-aprendizagem de química (ABREU *et al.*, 2005; MACEDO; MORTIMER; GREEN, 2004; MORTIMER; SCOTT, 2002). É nos livros didáticos que muitos professores procuram a orientação sobre o que ensinar e como ensinar, pois, há muitos anos, eles se constituíram como importantes mecanismos na homogeneização dos conteúdos e metodologias educacionais. Por isso, considera-se que a análise dos livros didáticos brasileiros tende a ser a própria análise do conteúdo de química ensinado no País (ABREU *et al.*, 2005).

Em 2004, o governo federal criou o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Os diferentes parâmetros utilizados como critérios de análise do componente química no PNLEM têm contribuído para a heterogeneidade de propostas pedagógico-didáticas, tanto na organização do conteúdo químico quanto para o trabalho educativo no ensino da química escolar. Desse modo, os livros didáticos de química podem trazer indicativos dos conhecimentos e habilidades a serem contemplados na estruturação didática; tanto pela recorrência ou ausência na escolha de determinados conteúdos, quanto no tratamento atribuído aos mesmos.

Os aspectos apresentados nessa parte introdutória do trabalho expõem diferentes fragilidades e lacunas sobre formação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades. Elas destacam as contradições quanto aos modos de inteligibilidade requeridos e o descompasso das instituições em formar profissionalmente os futuros professores para contribuir para desenvolver o pensamento teórico do estudante frente às atuais necessidades sociais. Ao mesmo tempo, evidenciam a exigência de uma melhor e mais estreita relação entre a

formação inicial de professores e o seu campo de exercício profissional, a escola. Além disso, apresenta a isomeria como um objeto ainda pouco explorado na pesquisa educacional, em especial dentro da temática formação de habilidades. Dentro da problemática apresentada, verifica-se a necessidade da elaboração de referenciais que possam ser usados na formação inicial de futuros professores de química para o ensino-aprendizagem em isomeria. É dessa necessidade que se apresenta o seguinte problema de pesquisa:

É possível organizar um Sistema Didático, baseado no referencial da teoria de Galperin, para os professores pensarem a formação da habilidade de identificar isômeros e explicar as suas propriedades?

Inserir-se esse questionamento ao conjunto de interrogantes sobre o conhecimento profissional necessário ao professor, que também envolve as estratégias pedagógico-didáticas a serem adotadas para uma melhoria na aprendizagem dos licenciandos e dos estudantes nas escolas. Interpretar e apreender o objeto e dar respostas a esse problema de pesquisa se constitui em uma das principais motivações para desenvolver esse estudo.

1.4 OBJETIVO GERAL

Desenhar um Sistema Didático que referencie a atividade de ensino do professor de química, no que diz respeito à formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros, com base na teoria de P.Ya. Galperin.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a organização do conteúdo isomeria em livros de química orgânica, para coleta de informações contributivas para a organização do Sistema Didático;
- Definir os objetivos e os fundamentos teóricos do Sistema Didático;
- Organizar o conteúdo com base no enfoque sistêmico funcional-estrutural;
- Desenvolver um sistema de tarefas para contribuir com o desenvolvimento da habilidade e assimilação do conceito de isômeros, segundo os indicadores qualitativos definidos nos objetivos;
- Propor atividades para o diagnóstico inicial e o controle final.

1.6 A TESE

Por meio da realização desta pesquisa, defende-se a tese de que é possível organizar um sistema didático para ensino-aprendizagem do conteúdo isomeria em torno da formação habilidade de identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades, com base na teoria de P. Ya. Galperin, utilizando uma base orientadora da ação do tipo III.

1.7 A NOVIDADE DO ESTUDO E SUAS CONTRIBUIÇÕES

Considera-se que esta pesquisa apresenta a novidade de tratar a formação de conceitos de modo intencional e articulado à formação de habilidades em relação ao conteúdo isomeria, baseada na utilização da teoria de Galperin, na formação inicial de professores de química. Espera-se que o sistema didático proposto possa oportunizar uma possibilidade para se refletir e auxiliar na implantação de práticas educativas, tanto na formação inicial quanto no futuro exercício profissional do professor de química, baseada em estratégias teórico-metodológicas voltadas à formação de conceitos e de habilidades no ensino-aprendizagem de química.

1.8 O REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A análise desse problema complexo e contraditório, quanto aos futuros professores de química terem referenciais para saber formar habilidades no ensino-aprendizagem de química, necessita de orientações com influxo na prática pedagógico-didática. Por isso ela precisa estar norteada por princípios compromissados com as causas humano-sociais, que deem suporte a tais orientações, para poder se compreender tal processo e modificá-lo. Com base em Marx e Engels (2001), mudar a forma de pensar sobre as coisas não significa transformá-las. Assim, nem toda teoria psico-pedagógica serve como parâmetro para os propósitos aqui anunciados. Por isso, para alcançar tal êxito, escolheu-se como orientação teórico-metodológica da pesquisa um caminho científico baseado no Enfoque Histórico-Cultural, fundamentando-se principalmente na teoria de formação planejada das ações mentais e dos conceitos, proposta por Piotr Yakovlevich Galperin (1902-1988). Galperin foi um psicólogo da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e colaborador de Lev Semionovich Vigotski⁸ (1896-1934) e de Aleksei Nikolaevich Leontiev (1903-1979).

⁸ Conforme Duarte (2003), em decorrência do idioma russo utilizar um alfabeto distinto do nosso, tem sido adotadas diferentes formas de escrever o nome desse autor (em russo Лев Семёнович Выготский) com o

As ideias de Galperin se situam e constituem referenciais que apontam para a necessidade de transformação social e do papel da educação nesse sentido, desde o contexto em que foram elaboradas – revolucionário – e nos fundamentos nos quais se apóiam – do materialismo dialético e histórico⁹, com ênfase nas ideias de Karl Marx (1818-1883). Ainda pouco conhecida no Ocidente, a obra de Galperin continua viva e atual, transcendendo o momento histórico da URSS. Além de Galperin, Vigotski e Leontiev outros autores também serão utilizados para integrar o campo conceitual, pois, sustentando-se no materialismo dialético e histórico ou não se distanciando do mesmo, vêm realizando mudanças teóricas necessárias às novas compreensões históricas dos fenômenos materiais sociais. Nesse caso, destacam-se Nina Fiódorovna Talízina, Vasili Vasilievich Davydov (1930-1998) e Isauro Beltrán Núñez. Difusor das ideias desses teóricos em diferentes estudos e pesquisas em torno da teoria de Galperin, os aportes de Núñez se voltam à inserção da formação de habilidades dentro da perspectiva da formação profissional, especialmente na formação profissional de professores, inclusive de química, aspecto que está diretamente relacionado ao nosso objeto.

A teoria de Galperin explica o processo de apropriação de novos conhecimentos e a formação de habilidades, ou a incorporação de novas qualidades aos conhecimentos e habilidades que o indivíduo já possui (NÚÑEZ, 2009; GALPERIN, 2001). Essa característica também mostra a sua potencialidade em relação aos sujeitos e ao contexto de aplicação desta pesquisa, ou seja, a licenciandos em química que já possam ter tido participado de atividades de ensino-aprendizagem em isomeria em uma etapa anterior, tanto na educação escolar quanto na própria formação inicial. Outras experiências também reforçam a sua potencialidade no ensino-aprendizagem de química e para a pesquisa nesse campo.

No Brasil, estudos voltados à aprendizagem escolar, o Enfoque Histórico-Cultural recebeu uma grande atenção a partir da segunda metade da década de 1980¹⁰. Porém, o mesmo não tem ocorrido em relação à sua aplicação à formação de professores, conforme destacado por Libâneo (2004a-c) há alguns anos. Na educação em ciências, existem estudos utilizando-se desse referencial, como podem ser vistos em trabalhos sobre o ensino de física e

alfabeto ocidental. No texto é usada a grafia Vigotski, pois ela tem sido adotada em publicações recentes em português.

⁹ Marx tomou posse e foi mais além das ideias de Hegel, dando à dialética tanto um caráter material para entender como e explicar os homens se organizam na sociedade para a produção e a reprodução da vida, quanto um caráter histórico, como eles vêm se organizando através de sua história. Nesse sentido ele concebeu a história como um conhecimento dialético e materialista da realidade social.

¹⁰ Referências aos estudos de Vigotski sobre conceitos científicos aparecem pela primeira vez, numa publicação científica no artigo Ensino de conceitos em química. I. Matéria: exemplo de um sistema de conceitos científicos de autoria de Mario Tolentino, Roberto Ribeiro da Silva, Romeu C. Rocha-Filho e Elizabeth Tunes, publicado na revista Ciência e cultura n° 38, de 10 de outubro de 1986.

química (RODRIGUES; MATTOS, 2011; RODRIGUES; MATTOS, 2010) e referentes à formação continuada dos professores de ciências naturais (NÚÑEZ; RAMALHO, 2010). Outros seguidores de Vigotski e Leontiev ainda continuam sendo pouco conhecidos em nosso país, como é o caso de Galperin.

Galperin e colaboradores investigaram, no início da década de 1950, o processo de aprendizagem das habilidades em crianças relacionadas à escrita, ao testarem a eficiência de um método de ensino baseado na dissecação dos grafemas do alfabeto cirílico em segmentos gráficos (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2013). Essa teoria foi utilizada por muitos anos para subsidiar os modelos de ensino na União Soviética, principalmente nas décadas de 1970 a 1980, e ainda tem sido a base de muitas estratégias de ensino-aprendizagem, em especial na Rússia e em Cuba (PODOLSKIJ, 2009).

A teoria de Galperin teve a sua divulgação iniciada no Brasil, com os trabalhos publicados por Núñez e Gonzalez (1996a,b, 1999)¹¹, mas que não despertaram uma maior atenção no meio educacional, em especial na comunidade de educação em química. Posteriormente, com o esforço de Núñez em socializar as ideias de Galperin, em especial pela repercussão do livro intitulado “Vygotsky, Leontiev e Galperin. Formação de conceitos e princípios didáticos” (NÚÑEZ, 2009), houve um maior interesse por Galperin e a realização de diferentes estudos e pesquisas no campo educacional. Essa aplicação pode ser exemplificada nos trabalhos desenvolvidos em diferentes áreas como: no ensino de física (ARRUDA, 2003), de biologia (SOUZA; JÓFILI, 2011), de matemática (PEREIRA, 2013), de educação física (OLIVEIRA, 2011; REZENDE, 2003) e na formação de professores de ciências (RIBEIRO, 2007).

No ensino de química no Brasil, além dos trabalhos publicados por Núñez e Gonzalez (1996a,b), posteriormente, no estudo de Firme *et al.* (2009), as etapas da teoria de Galperin serviram como base para o planejamento, realização e análise das atividades de sequências didáticas com uma abordagem CTS. Recentemente, com base nessa teoria, Silva (2011) desenvolveu e avaliou uma abordagem de ensino de química centrada na curiosidade científica dos estudantes.

Em outros países, também há alguns outros grupos que também passaram a se interessar por essa teoria no ensino-aprendizagem de química. Uma versão adaptada da teoria de Galperin para foi utilizada por Stolk *et al.*, (2010, 2009) para capacitar professores a ensinar química e a planejarem currículos químicos baseados em contextos, com ênfase no

¹¹ Tais trabalhos são decorrentes das investigações realizadas por Núñez (1992) em sua tese, laureada em Cuba, sobre um “Sistema Didático para o ensino da Química Geral”.

desenvolvimento profissional. Dentro do levantamento realizado no universo de bases de pesquisas bibliográficas investigadas¹², até o momento, percebe-se ainda uma lacuna no uso da teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos em estudos envolvendo a isomeria, que será retratada nesta pesquisa.

1.9 A ESTRUTURA DA TESE

A estruturação do corpo textual que segue essa parte introdutória foi realizada dividindo-o em cinco capítulos. Privilegiou-se esse tipo organização para tentar harmonizar aspectos tão densos a serem a revisados, que se constituem nas categorias assumidas na pesquisa.

O capítulo 2 trata da formação de conceitos e de habilidades como parte dos conhecimentos que devem integrar os saberes necessários à construção da identidade do professor de química, desde a sua formação inicial. Por isso, nesse capítulo, destacam-se elementos para a construção da identidade e profissionalização do professor, em especial quanto à profissionalidade e os saberes docentes para ensinar química. O capítulo 3 ressalta a importância da explicação das diferenças nas propriedades das substâncias isoméricas. Esse aspecto emerge de discussão histórico-epistemológica em torno do conceito de isômeros, vinculada à explicação do fenômeno do isomerismo e à identificação de diferentes tipos de isômeros, na qual se destaca o porquê do conceito de isômeros ser considerado um conceito central na química. Em seguida, discute-se sobre a explicação no ensino de química, situando-a dentro da habilidade explicar. O capítulo 4 trata da formação de habilidades sob a perspectiva da teoria de P. Ya. Galperin. Abordam-se as concepções para a categoria habilidade de acordo com o Enfoque Histórico-Cultural, enfatizando-se as características da teoria da formação planejada das ações e dos conceitos propostas por Galperin.

O capítulo 5 apresenta a metodologia seguida. Descrevem-se os critérios para análise de livros didáticos de química, para reunir mais elementos para subsidiar a proposição de um Sistema Didático, envolvendo a estruturação do conteúdo, de um sistema de tarefas e de um conjunto de parâmetros qualitativos de avaliação e controle da formação dessa habilidade, de acordo com as etapas da teoria de Galperin. Já os capítulos 6 e 7 trazem, respectivamente, os resultados da análise e o Sistema Didático proposto.

¹² O levantamento bibliográfico foi realizado nas Bases de Pesquisa em Educação, disponibilizadas no Portal de Periódicos da CAPES, em revistas da área de Educação em Ciências, em anais de congressos científicos nacionais da área de educação.

Os argumentos a serem utilizados para a defesa da tese apresentada serão construídos ao longo dos capítulos, nos quais se busca proporcionar um *continuum* entre temas tão abrangentes, destacando-se o tratamento relacional entre o ensino de química escolar e a formação inicial de professores de química. Certamente, isso torna a missão aqui assumida ainda mais desafiadora, conforme será visto a seguir, no primeiro capítulo, onde se discute a formação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades como um saber necessário à base de conhecimentos do exercício profissional do professor de química.

2 O CONHECIMENTO PROFISSIONAL PARA ENSINAR E FORMAR HABILIDADES: UMA REFLEXÃO SOBRE A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE QUÍMICA

O estudo da química na escola é importante por causa do seu papel educativo, tanto em termos do direito à aquisição de valores culturalmente constituídos pela humanidade quanto por sua contribuição para o letramento científico¹³. Porém, de maior importância está a sua contribuição para o desenvolvimento do pensamento teórico de adolescentes, jovens e adultos. Com isso, espera-se que, na escola, os estudantes aprendam para ter domínio de níveis elevados do pensamento abstrato, nesse caso, do pensamento químico.

O pensamento químico reproduz e fixa nos conhecimentos a realidade objetiva. Ao longo da educação escolar, o desenvolvimento do pensamento químico deve auxiliar os estudantes a desenvolverem uma leitura diferente e mais crítica do mundo. Uma forma de interpretação diferente, possibilitada pelo domínio do conhecimento científico. Com a utilização de um pensamento químico, espera-se que os estudantes compreendam melhor a natureza, as transformações nela ocorridas e se integrem à sociedade de forma mais ativa, consciente e transformadora (BRASIL, 2006). Mas, para isso, eles necessitam se apropriar de diferentes conceitos e desenvolver habilidades para que possam aprender e se posicionar frente às situações exigidas pela vida, externalizando o pensamento químico nas suas diferentes formas de comunicação.

Na educação escolar os estudantes devem aprender a combinar os significados próprios da química (conceitos, leis, teorias, linguagem) com as habilidades gerais e cognitivo-linguísticas adequadas. Com isso, tornam-se mais aptos para formar e comunicar suas ideias, fundamentadas nos conceitos e na linguagem científica. Portanto, para que os estudantes se apropriem dos mesmos e se desenvolvam como pessoas melhores, pela utilização de um pensamento químico, os conceitos químicos e as habilidades associadas aos mesmos lhes precisam ser ensinados.

A significância do ensino de química na escola mostra o quanto ele também é uma atividade complexa. Tal característica gerou, ao longo da história, a necessidade de se instituir formalmente a preparação de profissionais para exercer o ofício de professor de química. Uma

¹³ O termo “letramento científico” está bastante presente na literatura de Educação em Ciências, muitas vezes, sendo sinônimo de “alfabetização científica”. Porém, Santos (2007) recomenda a diferenciação entre os mesmos, pois na tradição escolar a alfabetização científica tem sido considerada na acepção do domínio da linguagem científica. Assim, ao empregar o termo letramento, busca-se enfatizar a função social da educação científica contrapondo-se ao restrito significado de alfabetização escolar.

preparação que se especializou. No sistema educacional brasileiro essa responsabilidade ficou delegada aos cursos de licenciatura em química¹⁴.

2.1 POR UMA CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE DO PROFESSOR DE QUÍMICA DESDE A SUA FORMAÇÃO INICIAL

Sujeito condutor da atividade pedagógica, o professor é o mediador entre o conhecimento e o estudante, ou seja, entre os produtos culturais humanos e seres humanos em desenvolvimento (VIGOTSKI, 1996; LEONTIEV, 1993). Como consta nas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química (ZUCCO; PESSINE; ANDRADE, 1999), a competência formal de um curso de licenciatura em química se destina a formar professores para a Educação Básica, especificamente para o ensino médio e para os últimos anos do ensino fundamental. Portanto, a escola é o principal campo de trabalho do licenciado em química. Tal competência formal destaca a importância de se vincular a formação inicial do professor de química com a realidade escolar, como exigência de uma formação profissional. Portanto, a formação inicial do professor de química exige um conjunto de ações intencionais, conscientes e dirigidas a essa finalidade.

A atividade de aprendizagem de um licenciando exige a apropriação de um pensamento teórico e o desenvolvimento de um pensamento didático ao longo da sua formação inicial. Assim, torna-se importante o uso de estratégias planejadas e desenvolvidas intencionalmente com base em aspectos teórico-metodológicos, visando uma intervenção sistematizada para a apropriação de conceitos e do desenvolvimento de habilidades associadas aos mesmos. Por isso, nas instituições formativas, o futuro professor precisa desenvolver, na prática, atividades de aprendizagens que lhe desenvolvam conjuntamente a instrumentalidade e a capacidade de refletir, avaliar e aprender sobre o ensino.

A formação inicial do professor de química deve ensinar aos licenciandos a futuramente ensinarem (NÚÑEZ, 2010). Para tanto, ela deve envolver um conjunto de teorias e técnicas, pedagogicamente adequadas, para desenvolver-lhes um sistema de conhecimentos,

¹⁴ De acordo com Filgueiras (1998), os primeiros cursos destinados precipuamente à formação de químicos só surgiram nas primeiras décadas do século 20, em várias escolas e universidades emergentes pelo país afora. O instauração das licenciaturas em química no Brasil decorre dos desdobramentos das políticas educacionais tomadas a partir da década de 1920. Na tese de doutorado de MALACARNE (2007) há uma substancial apresentação do percurso para formalizar a formação de professores no ensino superior no Brasil, particularmente quanto à formação do professor de ciências, permitindo-se trilhar o caminho da institucionalização da licenciatura em química em nosso País.

um sistema de habilidades e um sistema de valores, que incida sobre o saber-fazer da profissão concreta de professor. Porém, conforme destaca Gatti:

A estrutura e o desenvolvimento curricular das licenciaturas, entre nós, aí incluídos os cursos de pedagogia, não têm mostrado inovações e avanços que permitam ao licenciando enfrentar o início de uma carreira docente com uma base consistente de conhecimentos, sejam os disciplinares, sejam os de contextos sócio-educacionais, sejam os das práticas possíveis, em seus fundamentos e técnicas. (GATTI, 2009, p.92).

Verifica-se que a falta de uma base consistente de conhecimentos na formação inicial de professores resulta de uma cultura desprofissionalizante, historicamente consolidada nessa etapa formativa. Diversos fatores, extrínsecos e intrínsecos, contribuem para essa situação, tais como: i) a desarticulação entre a teoria e prática na elaboração dos currículos e nas atividades pedagógico-didáticas desenvolvidas pelos professores formadores; ii) a falta de interação entre as disciplinas relacionadas aos conteúdos específicos e aos pedagógicos; e iii) a baixa integração entre o espaço de formação inicial e o principal campo de atuação profissional, a escola. Diferentes autores chamam a atenção sobre a influência negativa de tais aspectos na formação inicial dos professores, de um modo geral, como Libâneo (2008, 2004c) e, particularmente, no caso da formação inicial do professor de química, como Maldaner (2000) e Lima e Núñez (2011).

A maioria dos cursos de formação de professores ainda privilegia atividades associadas a modelos tradicionais de ensino-aprendizagem distanciados das respostas exigidas para a profissionalidade do professor. Esse tipo de posicionamento contribui, por exemplo, para que não se exerça a formação de habilidades como uma atividade pedagógico-didática formativa intencional. Com isso, muitos cursos de licenciatura expõem a defasagem conceitual e metodológica entre os currículos de formação inicial e as expectativas recaídas para o professor em seu exercício profissional. Por causa dessa e de outras deficiências, a constituição inicial da profissionalidade do professor de química resulta em identidades construídas por vivências em contextos bastante limitados.

As experiências formativas, em grande parcela dos cursos de licenciatura, parecem contribuir muito pouco na proposição de referenciais que estejam teórica e metodologicamente fundamentados para o desenvolvimento de uma sólida base de conhecimentos da docência como profissão. Como as situações pedagógico-didáticas apresentadas aos licenciandos se constituem, intencionalmente ou não, em “modelos de como ensinar”, essas formas tradicionais podem se tornar identitárias. Conseqüentemente, elas se

refletirão nos processos de trabalho desses futuros professores e conduzirão aos seus modos de atuação profissional; muitas vezes como reproduções de comportamentos e de estilos de ensino que eles mesmos criticavam. Assim como outros aspectos já discutidos, tal reprodução acrítica reforça a falta de profissionalismo existente na formação inicial dos professores.

Muitas das críticas a respeito da formação inicial dos professores de química se relacionam à visão dicotômica quanto ao domínio do conhecimento a ser ensinado, no contexto instituição formadora-escola. Como é ressaltado por Maldaner (2013), em muitas instituições formadoras de professores de química, a maioria dos modelos formativos utilizados nos cursos de licenciatura ainda proporciona dois mundos desconectados. De um lado os futuros professores adquirem os conhecimentos do conteúdo específico (químico) por meio dos cursos disciplinares, por outro ocorre a “formação educacional”, incluindo a psicopedagógica. Nas disciplinas de conteúdos químicos das licenciaturas, a maioria dos professores formadores assegura que o saber disciplinar é o mais importante na formação profissional. Assim, reforça-se a ideia do senso comum pedagógico de que basta o domínio do conteúdo específico para ensinar química. Por outro lado, nas disciplinas pedagógicas, muitas vezes, valoriza-se o saber pedagógico de uma forma que os seus conteúdos passam a ser trabalhados de modo dissociado dos conteúdos específicos e distante da prática profissional do professor de química. Um dos resultados dessa situação são os dilemas adquiridos pelos licenciandos ao transitarem por concepções diferentes no espaço acadêmico em relação aos saberes importantes para sua formação (MALDANER, 2000). A reversão desse quadro deve ser intencionalmente desenvolvida ainda em sua formação inicial. Ela deve ser conduzida pela compreensão do trabalho de professor efetivamente como atividade teórica e prática em prol do desenvolvimento da sua profissionalidade.

Talízina (2009, 2000) discute que, geralmente, há uma tendência em fazer o estudante adquirir conhecimentos a serem aplicados posteriormente, mas, tal característica freia a formação de habilidades profissionais. Por isso, é preciso que o estudante aprenda fazendo. Isso também é válido para a formação dos licenciandos no que tange à relação dialética entre a sua aprendizagem e o seu futuro exercício profissional, na qual se insere a assimilação de conceitos associada, intencionalmente, à formação de habilidades.

Na formação inicial, os futuros professores devem aprender o conteúdo da disciplina aprendendo também os procedimentos pelos quais se trabalha nessa própria disciplina, pois a atividade docente requer instrumentalidades a serem desenvolvidas (LIBÂNEO, 2004). Porém, atualmente, assim como em outras áreas, no ensino de química, particularmente na formação inicial, termos como instrumentalidades, métodos e técnicas de ensino são muitas

vezes associados a uma visão tecnicista, que supervaloriza a memorização¹⁵, seja de conteúdos seja de procedimentos.

No Enfoque Histórico-Cultural há uma defesa da instrumentalidade, mas distanciando-a da valorização de um ensino puramente memorístico, conforme pode ser visto nas concepções de autores como Galperin (1976) e Talízina (1988). Um reforço a esse tipo de posicionamento é dado por Feldmann:

Este enfoque sugere que é possível aumentar nossa capacidade para uma prática mais consciente, racional e autônoma mediante processos significativos, assentados em uma recriação das possibilidades através da busca e da utilização prática de instrumentos didáticos (modelos de ensino, estratégias, técnicas específicas etc.). Defendo que um enfoque instrumental não é tecnicista porque recupera a dimensão prática da tarefa de ensino e a deliberação prática em âmbitos coletivos. (FELDMANN, 2001, p. 113).

Portanto, com base nesse referencial, a instrumentalidade na formação profissional do futuro professor deve estar associada à base de conhecimentos profissionais, de modo a proporcionar a compreensão científica do processo de ensino, a partir do trabalho real, das práticas correntes no contexto de exercício profissional. Com isso, não se deseja vincular a formação inicial ao trabalho prescrito, conforme ocorre na visão da racionalidade técnica e também na concepção de senso comum sobre formação de professores, que ainda vigora fortemente nas escolas e nas instituições formadoras.

A instrumentalidade a ser aprendida no momento da formação inicial do professor está associada às formas de ação, ao conjunto de saberes que capacitam o saber-fazer. Desse modo, ela prescinde e expõe a relação dialética entre diferentes saberes, voltando-se ao papel que a teoria possa servir e servir-se da prática de ensinar. A essa discussão contextualiza-se um posicionamento de Gatti, ao afirmar que: "[...] não há consistência em uma profissionalização sem a constituição de uma base sólida de conhecimentos e formas de ação" (GATTI, 2010, p.11). Assim, considera-se que o desenvolvimento desses saberes no processo de ensino-aprendizagem pode ser organizado por atividades de orientação, que conduzam a processos de ensino mais eficientes que outros, nos quais a formação inicial pode ser concebida como unidade de formação do licenciando como um futuro professor.

¹⁵ Essa questão está fortemente atrelada ao período entre a década de 1970 e de 1980, marcado pelo “tecnicismo” e pela “racionalidade técnica”. Nesse momento histórico, os programas de formação de professores valorizavam fortemente as tecnologias de ensino, os métodos e as técnicas especiais de ensino, associados à da lógica da racionalidade técnica, na qual os professores são vistos como reprodutores de saberes produzidos e as soluções para os problemas eram apresentadas ao professor como algo já definido ou pronto. Os procedimentos geralmente eram prioritariamente técnico-formais, acríticos, neutros e dissociados das questões de sentido político-pedagógico (FIORENTINI; SOUZA; MELO, 2001; PEREIRA, 2000).

A assimilação do conteúdo e o saber-fazer pedagógico devem ser operacionalizados na formação inicial de modo intimamente conectado com a efetivação das práticas docentes dos professores formadores. Por isso, ao longo das disciplinas da matriz curricular, espera-se que as estratégias utilizadas nas aprendizagens dos licenciandos se constituam como alternativas, como possibilidades solidamente fundamentadas, para a formulação de referenciais teórico-metodológicos e proporcionem-lhes interesse e estímulo para, conscientemente, implicarem-se em um processo formativo crítico-reflexivo.

A permanência da dicotomia entre saber disciplinar e saber-fazer pedagógico tem suscitado, ao longo dos anos, a ideia da didática das ciências atuar nos cursos de formação de professores de química como núcleo integrador dos distintos enfoques da formação docente (ACEVEDO DÍAZ, 2009; MANCHEGO; TORRES, 2009; CARRASCOSA *et al.*, 2008). Curricularmente, as disciplinas da didática das ciências associariam os aspectos psicopedagógicos gerais às questões e problemas mais específicos do ensino de química, relacionados ao conhecimento pedagógico do conteúdo químico. Para tanto, a aprendizagem do futuro professor nas disciplinas se organizaria como uma imersão em uma investigação dirigida, onde: colocar-se-iam problemas a serem encontrados no ensino da química escolar, questionar-se-iam as próprias ideias dos licenciandos sobre o ensino-aprendizagem de conteúdos químicos, expor-se-iam os resultados obtidos pela comunidade científica etc. De acordo com Carrascosa *et al.* (2008), nesses processos de investigações dirigidas, os métodos de ensino utilizados e estudados pelos professores formadores deveriam também estar relacionados ao contexto escolar, para que os futuros professores possam adaptar as estratégias docentes ao ensino das suas futuras disciplinas escolares.

Tais tendências apontadas para a didática das ciências na formação inicial começam a ser implantadas em alguns currículos e conferem a possibilidade de um direcionamento diferente para a assimilação de um determinado conteúdo químico¹⁶. Porém, apesar de haver a uma orientação para a inclusão dessas disciplinas integradoras nos currículos dos cursos de licenciatura, mantém-se a defesa de que todas as disciplinas curriculares de um curso de formação de professores de química deveriam estar concebidas para a formulação de referenciais teórico-metodológicos para o ensino de conteúdos químicos, mesmo ciente das dificuldades em se operacionalizar propostas nessa direção.

¹⁶. No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Pessoal N° 2, de 19 de fevereiro de 2002, instituiu a prática como componente curricular, desde o início e ao longo dos cursos de licenciaturas, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior. No CLQ-UFRPE, esse componente passou a ser incorporado à matriz curricular na forma de disciplinas associadas à Didática das Ciências Naturais.

Articular dialeticamente a formação do pensamento químico com o pensamento pedagógico ao longo da formação inicial reforça uma visão profissional para orientar a constituição da base de conhecimentos do professor de química nessa importante etapa formativa. Com isso, aumenta a possibilidade do licenciando vivenciar um processo de ensino-aprendizagem planejado para o desenvolvimento da sua profissionalidade dentro de diferentes disciplinas do currículo, inclusive nas de conteúdo químico específico. Assim, as escolhas dos futuros professores poderão se apoiar mais em processos teórico-metodologicamente fundamentados e referendados por um posicionamento crítico-reflexivo em detrimento ao espontaneísmo, associado às preferências acríticas em simplesmente ensinar da mesma forma que se foi ensinado quando licenciando.

O “tornar-se um professor” faz parte de um amplo e contínuo processo. Ele é permeado por questões filosóficas, epistemológicas, psico-pedagógicas e sociológicas, associadas aos aspectos cognitivos, afetivos e sociais da profissão. Tal dimensão permite avaliar o quanto o ensino é uma atividade profissional complexa e de grande especificidade. Desse modo, por causa das suas singularidades, para se desempenhar profissionalmente a atividade do ensino é preciso uma formação especializada e rigorosa, a ser desenvolvida ao longo do exercício profissional, pois ela é contínua.

Apesar de a formação do professor ser intermitente, o período vivenciado no curso de licenciatura exerce uma extrema influência na sua identidade docente, conseqüentemente, sobre o seu exercício profissional. Por isso, a construção da identidade docente deve ser vista como um processo a ser formal e conscientemente iniciado nessa etapa formativa, visando o exercício profissional como professor. Na formação inicial de química deve-se conectar o ensino e a aprendizagem do licenciando ao seu trabalho de professor, dentro de um contexto profissionalizante.

A profissionalização do professor se fundamenta tanto nos conhecimentos especializados quanto na ação, na busca, na integração de saberes para a atualização das competências profissionais (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2003). Ela deve ser estruturada e construída em torno da articulação das suas duas dimensões nucleares, que se constituem como uma unidade dialética: a dimensão externa, denominada “profissionalismo”, e a interna, a “profissionalidade” (NÚÑEZ; RAMALHO, 2010, 2008).

O profissionalismo é um componente que expressa a dimensão ética dos valores e normas, das relações no grupo profissional e com outros grupos, para a identidade profissional docente. Ele se associa ao “viver a profissão”, às relações que se estabelecem, às formas de se desenvolver a atividade profissional. Esta dimensão também se refere à reivindicação e

negociação por um *status* distinto dentro da divisão social do trabalho. Assim, por meio do profissionalismo, busca-se consolidar a profissão e também o reconhecimento da sociedade, como uma forma de prestígio social, frente às qualidades específicas, complexas e difíceis da profissão, que conferem uma especialidade à profissão de professor (NÚÑEZ; RAMALHO, 2008).

A construção da dimensão do profissionalismo já na formação inicial se vincula a uma tomada de uma consciência dos licenciandos do significado social da sua futura profissão. Isso irá lhe desenvolver a necessidade de uma maior interação nas atividades voltadas à busca por melhores condições de trabalho e por *status* profissional, contribuindo para reverter o déficit de consideração social existente em torno da profissão de professor. Desse modo, os futuros professores precisam conhecer e se engajar nas lutas de classe da categoria, expressas na vida sindical e nas reivindicações dos professores-formadores e dos professores das escolas. O profissionalismo também é desenvolvido na formação inicial pela participação nas decisões relacionadas às atividades organizativas do curso de licenciatura, incluindo o projeto político-pedagógico e nos diferentes tipos de avaliações existentes. Porém, em todas essas questões, a dimensão do profissionalismo no licenciando se relaciona diretamente com a busca pelo desenvolvimento da sua profissionalidade.

A profissionalidade da profissão do professor expressa a dimensão relativa ao conhecimento, aos saberes, técnicas e competências necessárias à atividade profissional (NÚÑEZ; RAMALHO, 2008). Ela se relaciona aos processos de apropriação da base de conhecimentos da docência como profissão, que envolve diferentes componentes, como: saberes, pesquisa, reflexão, crítica epistemológica, inovação e criatividade (RAMALHO; NUÑEZ, 2008, 2002).

A base de conhecimentos deve proporcionar uma determinada identidade profissional aos professores, assim como ocorrem em outras profissões. Os seus elementos devem desenvolver nos profissionais do ensino as capacidades necessárias para o desempenho das atividades docentes. Nesse aspecto, destacam-se os saberes vinculados à profissionalização de professor, saberes especializados, próprios da profissão, que os diferem de outra categoria profissional. Concomitantemente, essa base de conhecimentos também fornece uma especificidade dentro da própria profissão de professor; uma especialização em um campo particular, caracterizando esses profissionais por um determinado agir, como acontece com os professores de química.

O Enfoque Histórico-Cultural está calcado em uma base filosófica-epistemológica adequada para se refletir criticamente sobre a profissionalização na constituição da profissão

do professor, no geral, e em relação ao professor de química, particularmente. Nessa direção, um conceito de grande utilidade é o de atividade humana.

O conceito da categoria atividade no Enfoque Histórico-Cultural foi inspirado no conceito de trabalho, de Marx e Engels, e vinculado ao princípio do reflexo, de Lênin (DUARTE, 2003). De acordo com Davidov, “a categoria filosófica de atividade é a abstração teórica de toda a prática humana universal, que tem um caráter histórico-social. A forma inicial da atividade das pessoas é a prática histórico-social do gênero humano, ou seja, a atividade laboral coletiva, adequada, sensório-objetal, transformadora, das pessoas. Na atividade se revela a universalidade do sujeito” (DAVIDOV, 1988, p. 27). Assim, na Escola de Vigotski, a atividade é assumida como o processo no qual o homem atua no mundo, reproduzindo a cultura. Ao mesmo tempo, ele a recria, assim como a si mesmo, pela transformação do meio social e natural, da sua psiquê e da sua personalidade, como resultado da transformação de uma atividade externa para uma atividade interna (LEONTIEV, 1985; GALPERIN, 2001f). Na formação inicial, os licenciandos vivem esse processo por meio de um conjunto de atividades de ensino e de atividades de aprendizagens.

Alguns professores (ainda que implicitamente) tratam o processo de ensino-aprendizagem como uma justaposição ou uma soma da atividade de ensinar e da atividade de aprender, respectivamente, por parte do professor e dos estudantes. Esse é o modelo tradicionalmente efetivado na maioria dos cursos de formação de professores química no Brasil. No entanto, para o Enfoque Histórico-Cultural, o ensino e a aprendizagem formam uma unidade dialética.

A aprendizagem é uma atividade de assimilação que se dá em condições concretas de um processo organizado para tal fim, ou seja, em um processo de ensino (TALÍZINA, 1988). Para Galperin, “a aprendizagem é toda a atividade cujo resultado é a formação de novos conhecimentos e habilidades em quem a executa, a incorporação de novas qualidades aos conhecimentos e habilidades que já se possui” (GALPERIN, 2001f, p.85). A partir dessa concepção, a aprendizagem na formação inicial de professores de química pode ser tomada como, principalmente, a apropriação de conceitos e desenvolvimento de habilidades, e atualização dos mesmos, para formar o pensamento químico e o pensamento pedagógico, de modo a capacitar o licenciando a ensinar química futuramente. Sobretudo, capacitando-o a ensinar química na escola, que é o seu principal campo de trabalho.

Considerando-se que o processo de objetivação do gênero humano é cumulativo e o significado de um objeto ou fenômeno cultural está acumulada a experiência histórica de gerações, a construção de identidade docente ocorre como um processo dialeticamente

biográfico e social (RAMALHO; NÚÑEZ, 2011). Por isso, a gênese da atividade docente é mais bem compreendida quando apreendida em sua estrutura social, no modo em que opera suas relações.

Expressão maior da atividade, no trabalho, como uma atividade profissional, o objeto produzido é a "objetivação" da própria atividade do homem e a atividade prática sensorial dá origem ao desenvolvimento histórico social dos homens e, conseqüentemente, ao seu desenvolvimento individual (MARX, 1971). Porém, enquanto função social, apesar de ser principalmente no contexto de atividades de ensino que a docência vai se constituindo como uma futura profissão, esse processo não se dá apenas pela socialização do professor no exercício da prática profissional.

Com base em Marx e em Leontiev (1993, 1985), Núñez e Ramalho (2008) destacam a consciência social como parâmetro para a formação da consciência pessoal da identidade profissional do professor. Nesse sentido, ela se consolida enquanto um fenômeno relacional ao longo de todo o seu processo formativo. O movimento desse fenômeno evolui e se desenvolve tanto no pessoal quanto no coletivo, em um processo contínuo e paulatino marcado pela sua participação em atividades de ensino-aprendizagem. Nessas atividades se evidenciam múltiplas relações, com entre a aprendizagem química e o ensino de química. Por isso, além de ser construída na prática laboral, conscientemente ou não, a construção da identidade docente sofre influências da experiência escolar e depende fortemente da formação inicial (NÚÑEZ; RAMALHO; UEHARA, 2009). Portanto, para que a formação inicial se desenvolva dentro de uma postura profissional, tanto o desenvolvimento da consciência sobre a identidade docente quanto a concretização da mesma devem ser realizados intencionalmente nessa etapa formativa.

A partir de uma análise da estrutura da atividade, é possível suscitar elementos para tentar compreender essa realidade, que é determinante para a formação de um futuro professor de química dentro de um contexto profissionalizante. Um contexto em que a formação inicial deve ser firmada como a atividade do licenciando.

A atividade possui uma estrutura composta por unidades básicas, que somente para efeito de análise são identificadas e separadas em: necessidade, motivo, objeto, objetivo, ações e operações (LEONTIEV, 1985). Os constituintes da estrutura geral da atividade se inter-relacionam como um sistema, em um movimento contínuo, não linear e interdependente, que direciona as ações humanas diante das suas necessidades. Em termos gerais, os níveis de análise da teoria da atividade podem ser apresentados da seguinte forma: a atividade é dirigida por um motivo que a impulsiona; as ações são processos subordinados e

orientados a objetivos conscientes, por meio das operações; as operações representam o modo de execução de uma ação e são reguladas por condições para a obtenção do objetivo concretamente dado. Assim, uma atividade é regulada por sua motivação, englobando ações regidas por objetivos distintos, que são alcançados por meio de ações concretizadas por determinadas operações, definidas a partir de condições específicas. Uma atividade reflete a sua motivação; uma ação reflete a sua meta; uma operação reflete as condições da ação.

O período vivenciado em um curso de licenciatura passa a se constituir uma atividade formativa quando o futuro professor assume a sua formação de modo consciente, como um projeto profissional correspondente a uma necessidade particular, que também possui caráter social. As necessidades dos licenciandos passam a estimular e dirigir essa atividade quando se alicerçam na realidade profissional do professor, uma vez que a necessidade se objetiva no objeto (LEONTIEV, 1985). Elas se firmam como necessidades objetivas construídas nas relações acadêmicas do tornar-se um professor e no confronto com os objetos culturais existentes na profissão docente. Como discutem Ramalho e Núñez (2011), as necessidades estimulam e dirigem a atividade quando têm suas raízes na realidade profissional.

Considerar a formação inicial enquanto atividade implica em se efetivar que o principal motivo do futuro professor em cursar uma licenciatura em química coincida com o objetivo de se apropriar dos conteúdos da cultura identitária da sua profissão. Conteúdos que sejam necessários para se constituir uma base de conhecimentos para dominar e saber desenvolver capacidades cognoscitivas, intelectuais e éticas na prática docente.

A motivação principal de um estudante ao optar, entrar e cursar uma licenciatura deve estar associada a satisfazer a sua necessidade de ser um professor, considerando a dimensão e a importância social dessa profissão. O objetivo principal de um licenciando deve ser o de se tornar um bom professor, um professor altamente qualificado. Para que o motivo e objetivo da formação inicial coincidam, a principal fonte de motivação interna (cognoscitiva) do licenciando ao longo do seu processo formativo deve ser a de aprender para se capacitar como professor para ensinar os seus futuros estudantes a aprenderem. Aprender para se apropriarem do conhecimento químico culturalmente acumulado, como o conteúdo isomeria, para desenvolverem capacidades, para evoluírem, para terem um crescimento educacional, para serem pessoas melhores e socialmente comprometidas com uma sociedade melhor. É esse sentido que os futuros professores de química precisam, intencionalmente, ter acesso e buscar as condições objetivas do processo de apropriação de conceitos e desenvolvimento de habilidades para futuramente ensiná-los aos seus estudantes. Ao agir dessa forma, o

licenciando se identifica como o sujeito e o objeto sua formação inicial como uma atividade, a atividade de aprendizagem da profissão, a atividade de se formar professor.

Conforme afirma Leontiev (1993), a consciência humana trabalha com as relações entre o significado e o sentido da ação. O sentido da ação é dado por aquilo que liga, na consciência do sujeito, o objeto de sua ação (seu conteúdo) ao motivo dessa ação. Esse sentido é dado pelo conjunto da atividade social, por meio das relações sociais existentes entre ele e o restante do grupo. Desse modo, para um licenciando em química, um sentido maior da formação inicial deve ser o de construir intencionalmente a sua profissionalidade já na formação inicial. Aqueles que desejam ser professores de química precisam ter a consciência de desenvolver ao longo do curso de licenciatura uma sólida base de conhecimentos para o seu futuro exercício profissional para ensinar química.

O significado da ação é a resposta à pergunta: por que o indivíduo está fazendo determinada coisa? Ou, por exemplo, na formação inicial, por que se está estudando em um curso de licenciatura em química? O significado do estudo de um licenciando nas disciplinas curriculares do seu curso deve ser formado pela finalidade da atividade de aprender, pelo seu objetivo, pelo conteúdo concreto realizado por meio de operações realizadas conscientemente para formar a base de conhecimentos da sua profissão. Desse modo, ele precisa intencionalmente se motivar a aprender para saber ensinar. Caso isso não se concretize, haverá uma contribuição para a ruptura entre sentido e significado pessoal na formação inicial docente. Consequentemente, de modo intencional ou não, estará sendo incentivado o estabelecimento de uma alienação, que compromete a qualidade do produto da atividade de aprendizagem do futuro professor e também contribui negativamente para a dimensão do profissionalismo.

Ao se orientar a formação inicial com base nesses pressupostos, acredita-se que a tomada de consciência, por meio da participação ativa na consolidação de um processo formativo profissional, desenvolva no futuro professor de química os elementos para a construção do seu profissionalismo e da sua profissionalidade para o início da profissão. Com isso, a formação inicial se desloca de uma participação formal em um curso superior para uma atividade, na qual o significado social da identidade profissional do professor precisa ser apreendido à medida que o “formar-se um professor” também tiver como sentido a sua capacitação para exercer um futuro trabalho na docência enquanto profissão.

Conforme atenta Marcelo (2009, p.111), “[...] a sociedade necessita de bons professores, cuja prática profissional cumpra os padrões profissionais de excelência que assegure o compromisso do respeito ao direito que os alunos têm de aprender”. Logo, para ser

um professor de química é preciso que se tenha uma formação inicial e continuada. Mas, não qualquer tipo de formação e sim uma boa formação!

Pensar em um conjunto de atividades voltadas à boa formação de um determinado tipo de profissional, como é o caso do professor de química, requer colocá-lo dentro de um coletivo de sujeitos com um mesmo tipo de trabalho e com uma consciência identitária da sua profissão. O estabelecimento da identidade docente desde a formação inicial exige um forte direcionamento na intenção de se romper com a imagem criada na sociedade de que o ensino é uma tarefa fácil, simples e pode ser exercido de maneira natural, como um improviso, como às vezes se parece fazer crer (BOLÍVAR; BOLÍVAR-RUANO, 2012).

O desenvolvimento do profissionalismo ao longo da formação inicial do professor de química deve formar no licenciando a consciência particular e contribuir para uma consciência social de que o ensino é uma atividade profissional. Uma atividade difícil, complicada e de alta precisão. Uma atividade que precisa de uma sólida base de conhecimentos a ser desenvolvida já no seu curso de licenciatura. Por isso, necessariamente, a atividade de ensino escolar requer a preparação de um profissional especializado e com uma alta qualificação, como é o caso do professor de química. Assim, o período vivenciado em um curso de licenciatura deve ser direcionado ao início da construção intencional da profissão de professor, em especial da sua profissionalidade para o exercício da docência.

Destacar a constituição da base de conhecimentos profissionais na formação inicial do professor, não significa desprezar aspectos ligados ao profissionalismo. Pelo contrário, dialeticamente ele também deve ser construído nesse período formativo. Nesta dimensão, também há muitos outros fatores importantes e necessários para dar significado social à construção da identidade da profissão do professor já formação inicial. Por exemplo, a consciência sobre a importância da luta por uma remuneração salarial digna, por melhores de condições no ambiente de trabalho e por reconhecimento profissional da categoria como um todo. Porém, esses aspectos também devem se relacionar ao motivo interno, cognoscitivo, ao ingressar, continuar e finalizar um curso de licenciatura, que é o de ter uma formação profissional aprender para saber ensinar, no caso de professores de química, para o ensino conteúdos químicos. Por isso, enquanto atividade, a formação inicial deve proporcionar o domínio de um conjunto de saberes, conforme será discutido em continuidade.

2.2 OS SABERES NECESSÁRIOS À BASE DE CONHECIMENTOS DO PROFESSOR DE QUÍMICA A SEREM DESENVOLVIDOS EM SUA FORMAÇÃO INICIAL

As principais proposições decorrentes dos debates sobre o professor passaram a reforçar a necessidade de se reconfigurar o trabalho docente, qualificá-lo profissionalmente e adotar políticas para o seu desenvolvimento profissional. A busca por essa profissionalização resultou também na necessidade de se caracterizar um corpo de saberes inerentes à docência, como acontece nas outras profissões. Um conjunto de saberes para orientar a formação profissional do professor e constituírem o seu ofício.

Na área da Formação e Profissionalização Docente, a linha de investigação conhecida como “conhecimento profissional do professor” ou “saberes profissionais do professor” tem contribuído para produzir novos discursos visando à profissionalização do professor e à implantação de programas para a sua formação (NÚÑEZ; RAMALHO, 2004). Conforme verificado nas três últimas décadas, a diversidade de enfoques nos estudos e nas pesquisas desenvolvidas nesse campo resultou em uma vasta produção e na proposição de diferentes tipologias e classificações em torno dos saberes docentes.

Ao discutir sobre os saberes, os conhecimentos profissionais, inerentes ao exercício profissional do professor, Gauthier, Ramalho e Núñez consideram que o termo “saber” se relaciona “[...] aos discursos e às ações cujos sujeitos estão em condições de apresentar uma justificação racional” (GAUTHIER *et al.*, 1998, p. 336). Trata-se de um saber “prático implicado na ação”. Um saber caracterizado por uma dimensão pessoal e social. Portanto, os saberes docentes constituem a base de conhecimentos para o ensino e capacitam os professores a justificar os seus discursos e ações, ou seja, a “racionalizar sua própria prática”.

O professor deve dominar diferentes tipos de atividades, que lhe permitam estruturar cientificamente o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos. Porém, conforme discute Talízina (1985), de um modo funcional, não de uma maneira abstrata, ou seja, de um modo que incida sobre o saber-fazer da profissão de professor. Portanto, essas proposições, ao mesmo tempo, constituem-se em um conjunto de necessidades da formação inicial.

Tais necessidades formativas trazem um indicativo de quais saberes são mais relevantes para formar o licenciando para o futuro exercício profissional. Os saberes a serem desenvolvidos devem proporcionar ao futuro professor a compreensão das estruturas dos conteúdos e as melhores formas pelas quais eles se tornam compreensíveis pelos estudantes.

Em diferentes autores que tratam da formação profissional do professor, como Gauthier *et al.* (1998), Ramalho, Núñez e Gauthier (2003), Tardif *et al.* (2000), Marcelo

(2009, 2002) e Shulman (1989, 1986), de um modo geral, e Carrascosa *et al* (2008), Carvalho e Gil-Perez (2001), Pozo (2000) e Porlán *et al.* (1998, 1997), para o ensino de ciências, é possível encontrar indicativos para se elencar um conjunto de saberes a serem desenvolvidos na formação inicial do professor de química. Entre eles, elencamos os seguintes constituintes: saber disciplinar, saber curricular, saber pedagógico e conhecimento pedagógico do conteúdo. A relação dialética entre esses saberes se constitui em um saber-fazer, necessário à formação do professor para iniciar profissionalmente a sua atividade de ensino.

O saber disciplinar se relaciona aos saberes produzidos pelos pesquisadores, cientistas, tecnólogos, sociólogos, etc. nas diversas disciplinas científicas (GAUTHIER *et al.*, 1998; SHULMAN, 1999; RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2003). No ensino de química, eles se referem aos conhecimentos historicamente produzidos pela comunidade científica, como é o caso da isomeria. O seu domínio é primordial aos que pretendem fazer da atividade de ensino a sua profissão. Por isso:

Durante sua formação, ao licenciando deverá ser, antes de tudo, favorecida a aquisição de sólidos conhecimentos do conteúdo de Química no nível do ensino médio; conhecimentos de Química superior que, ultrapassando os conteúdos ensinados no ensino médio, permitam ao futuro professor ter uma visão da importância dos tópicos que esteja ensinando no contexto geral da Química e de outras áreas afins, além da possibilidade de ingressar em cursos de pós-graduação, *lato e stricto sensu* (ZUCCO; PESSINE; ANDRADE, 1999).

O licenciando em química deve ter uma sólida e abrangente aprendizagem de objetos de conhecimentos próprios da química, como conceitos químicos, leis, teorias e linguagem química. Uma aprendizagem que permita uma visão de totalidade da química e do ensino de química, inclusive para lhe melhor capacitar na sua formação continuada. Considerando a competência formal da sua licenciatura, o domínio químico-conceitual deve ser um constituinte da sua base de conhecimentos para ensinar química.

Como bem destacam diferentes autores, como Talízina (2000, 1987), de um modo geral, e como alertam Schnetzler (2002) e Núñez e Ramalho (2010) para a formação do professor de química, não há como ignorar essa centralidade do conteúdo, pois, o domínio do conhecimento específico é fundamental e exerce grande influência na construção da identidade profissional docente. Como discute Marcelo (2002, p.120): “[...] o conhecimento que os professores têm sobre o que irão ensinar influencia no que selecionam para ensinar e na forma de ensinar”.

Um conhecimento superficial do saber disciplinar dificulta a atuação do professor. A falta de domínio pode levá-lo a expor erroneamente o conteúdo aos estudantes, a ensinar com

base em recordações dos seus anos de escola e a ter grande dependência dos livros didáticos escolares. Essa deficiência pode limitar a compreensão conceitual dos estudantes e causar-lhes outros problemas profissionais, especialmente nos primeiros anos de trabalho.

Outro tipo de saber necessário ao professor é o saber curricular. Ele se efetiva como um saber que articula saberes conceituais e metodológicos da área específica (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2001). O saber curricular resulta das transformações, das transposições, sofridas pelo saber disciplinar até se tornar um programa de ensino (RAMALHO *et al.*, 2003; SHULMAN, 1999; TARDIF, 2000). Esses programas ou currículos são produzidos por outros agentes, especialmente por técnicos em assuntos pedagógicos, especialistas das diferentes disciplinas ou autores de livros didáticos. Eles não reproduzem necessariamente ou exatamente os modos de produção de conhecimento da ciência em questão, por causa de possíveis didatismos ao longo do processo de transposição. No caso da química, isso faz que o currículo químico, seja um conjunto de premissas, atividades, materiais, documentos, ações pedagógicas etc. Isso ocorre com a disciplina de química na escola, na qual o saber químico escolar envolve discursos recontextualizados e hibridizados, embora seja reconhecido pelos diferentes atores escolares como um campo de conhecimentos relacionados à ciência química (ABREU *et al.*, 2005). Portanto, o livro didático assume um importante papel sobre o saber curricular.

As principais discussões em torno do livro didático, em geral, são associadas com a educação escolar, mais especificamente com a história das disciplinas escolares (FONSECA, 2006). Porém, por se materializar como o resultado de diferentes ações curriculares em esferas educacionais distintas, esse instrumento pode ser inserido em outros contextos. Um entendimento nesse sentido consta na definição de livro didático usada por Richaudeau (1979), ao considerá-lo como um material impresso, estruturado, adequado e destinado a um processo de aprendizagem ou formação. A partir dessa compreensão, o livro didático pode estar relacionado a diferentes níveis de ensino, com o intuito de ser uma versão didatizada do conhecimento historicamente construído pela humanidade. Esse posicionamento ressalta que ele é um objeto historicamente situado, um produto das relações socioculturais (NÚÑEZ *et al.*, 2003).

Em suas definições, o livro didático é compreendido de diferentes maneiras. Para Molina (1988), ele se trata de uma obra escrita para ser utilizada numa situação didática. Nesse sentido, como também destaca Goldberg (1983, p. 7), “[...] intenção é de fazer com que o aluno aprenda, razão pela qual apresenta conteúdos selecionados, simplificados e seqüenciados”. No entanto, um livro didático não se destina apenas aos estudantes. Ele exerce

dupla função, pois também se volta aos professores, visando transmitir e atualizar conhecimentos sobre um dado conteúdo, e para sugerir ou se impor como orientador das estratégias didáticas para a prática de ensino. Como destaca Oliveira, o livro didático “[...] é um veículo que expressa um modo específico (um modelo) de atuação pedagógica”. (OLIVEIRA; GUIMARÃES, 1984, p. 27).

O livro didático se instituiu histórica e culturalmente como um instrumento da mediação pedagógica entre a produção de conhecimentos, a atuação dos professores e as vivências dos educandos, para fins acadêmico-escolares e/ou com o propósito de formação de valores (LOPES, 2005). Nessa mediação, ele também se efetiva como um currículo escrito, apresentando uma seleção de saberes e uma forma de organização, frequentemente prescritiva (ABREU *et al.*, 2005). No entanto, o livro didático não se molda por um único discurso, numa perspectiva unidimensional associada a questões epistemológicas.

O livro didático não é um instrumento neutro. Pelo contrário, ele é o produto de visões de mundo, de homem e de educação, que são permeadas por disputas relacionadas às decisões e ações curriculares. Por isso, ao mesmo tempo em que é influenciado pelas condições sociais, econômicas, políticas e culturais, o livro didático as influencia (LOPES, 2005). Não se deve esquecer que “[...] o livro didático é uma mercadoria produzida pela indústria cultural e que, por isso, assume todas as características dos produtos dessa indústria” (FREITAG *et al.* 1989, p. 60). Por isso, a produção e usos do livro didático não se encontram à margem dos diferentes condicionantes que o permeiam. Tais condicionantes surgem como reflexos de ideologias, do mercado e das orientações educacionais legais, e envolvem diretamente a formação de cidadãos escolarizados e a formação dos professores.

A situação do livro didático de química está imersa no cenário descrito. No ensino de química no Brasil, o livro didático tem se efetivado como guia curricular na orientação da prática docente, chegando ao ponto de ser mais influenciador sobre as ações docentes do que os próprios referenciais curriculares (LOPES, 2005). Ao longo da educação brasileira, os livros didáticos receberam um maior controle do Estado. Para Abreu *et al.* (2005), os livros didáticos de química do ensino médio se incluem como parte dos processos de recontextualização das políticas curriculares. Segundo essas autoras, no livro didático de química as concepções introduzidas pelos documentos oficiais, assumem novas concepções e significados, a partir das releituras feitas nos diferentes grupos, que são utilizados para questionar os documentos ou reforçá-los de acordo com os interesses em questão. Tais compreensões e significados envolvem tanto a organização curricular quanto a prática

didática do professor. Por isso, uma formação profissional do licenciado deve contribuir para saber lidar com esses aspectos, compreendê-los e, se necessários, transformá-los.

O domínio do saber curricular deve ser proporcionado na formação inicial do professor de química em diferentes disciplinas que integram a sua matriz curricular, inclusive nas de conteúdo químico específico, de modo relacional ao saber escolar (CARRASCOSA *et al.*, 2008). Por isso, como será discutido a seguir, também nessas disciplinas é importante construir o saber pedagógico.

O saber pedagógico é mais um dos componentes da base de conhecimentos do professor a ser desenvolvido ao longo da sua formação inicial. Ele envolve diferentes conhecimentos, relacionados com: os princípios gerais do ensino, a aprendizagem, as características dos estudantes, as teorias de desenvolvimento humano, as técnicas didáticas, o planejamento do ensino e do currículo, a avaliação, a história e filosofia da educação e da ciência, a estrutura e funcionamento dos sistemas de ensino etc. (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2003). Esse tipo de saber contribui para uma visão da totalidade na qual se insere a profissão de professor. Por isso, é imprescindível que um professor de química receba uma formação no seu curso de licenciatura que lhe permita adquirir o domínio pedagógico, pois o conhecimento do conteúdo está inseparavelmente unido ao processo de ensiná-lo. Em acordo com Libâneo:

(...) a atividade de aprendizagem da profissão consiste em que os professores adquiram conhecimento teórico, isto é, que reproduzam conscientemente as compreensões teóricas desenvolvidas em uma matéria, de modo a poder explicar as importantes relações estruturais que caracterizam essa matéria. Com efeito, se a atividade principal do futuro professor é a de promover a atividade de aprendizagem de seus futuros alunos, nada mais oportuno que o professor aprenda sua profissão na perspectiva em que irá ensinar aos seus alunos. (LIBÂNEO, 2004a, p.136).

A proposição de um conjunto de saberes para a base profissional do professor de química a ser construída na formação inicial também destaca outro constituinte necessário, o conhecimento pedagógico do conteúdo. Proposto por Shulman (1989, 1986), ele representa a combinação entre o conhecimento da matéria a ser ensinada e o conhecimento pedagógico de como ensiná-la. “Esse tipo de compreensão não é exclusivamente técnica, nem somente reflexiva. Não é apenas o conhecimento do conteúdo, nem o domínio genérico de métodos de ensino. É uma mescla de tudo o que foi dito anteriormente, e é principalmente pedagógico” (SHULMAN, 1992, p.12). O conhecimento pedagógico do conteúdo envolve o saber de como se ensinar determinado conteúdo. Ele é considerado o amálgama entre o saber curricular, o

saber disciplinar e o saber pedagógico, no sentido de uma profissionalização do conhecimento disciplinar, um conhecimento-chave do aprender a ensinar.

A defesa por uma maior centralidade do conhecimento pedagógico do conteúdo dentro da base de conhecimentos dos professores de química tem levado a adaptações mais específicas das propostas sobre esse tipo de saber e suscitado à proposição da necessidade de um “conhecimento pedagógico do conteúdo químico” (MANCHEGO; TORRES, 2009; MORA; PARGA, 2008; CARRASCOSA *et al.* 2008). Isso exemplifica o fato de que esse tipo de saber tem sido considerado como um elemento essencial na diferenciação entre um especialista de determinada área de conhecimento e de um professor dessa mesma área, como entre um técnico em química ou um químico e um professor de química (RAMALHO; NÚÑEZ, 2010; NEVES *et al.*, 2001).

Os saberes necessários à base de conhecimentos do professor de química não devem restringir o licenciando a se preocupar apenas com o ensino de conhecimentos, habilidades e das técnicas, mas também com os valores. Portanto, o professor de química deve considerar também:

[...] o impacto que o seu ensino terá na constituição de um sujeito ético, crítico, democrático, político. De um todo que envolve uma preparação com a qual lhe permita participar coletivamente na solução dos problemas enfrentados na sociedade da que ele faz parte. (MANCHEGO; TORRES, 2009, p.38).

Esses valores também devem ser desenvolvidos no processo inicial de formar-se professor. Inclusive, eles devem ser estimulados e formados dentro das atividades voltadas à compreensão cognoscitiva dos conteúdos.

As atividades de um curso de licenciatura devem estimular o futuro professor a se confrontar e a questionar diferentes contradições relacionadas às necessidades e características do exercício profissional. A aprendizagem de conteúdos químicos na formação inicial também deve se contrapor a um processo funcional, ativista e acumulativo de transmissão de conhecimentos e procedimentos. Nesse sentido se estabelece a formação inicial do professor de química como uma atividade também voltada à desconstrução de "maus hábitos" e crenças ao longo de toda formação inicial. Por isso, a prática é um componente essencial da formação da base de conhecimentos profissional do professor quando está dialeticamente associada à teoria, à reflexão, à pesquisa, dentro uma perspectiva crítica e integradora (BOLÍVAR; BOLÍVAR-RUANO, 2012; RAMALHO; NÚÑEZ, 2010; NEVES *et al.*, 2001).

Como afirma (TALÍZINA, 2000), se a reflexão supõe a revisão e a consciência do saber-fazer, por si só, quando orientada para o desenvolvimento profissional, ela se torna limitada. Assim, ao longo da formação inicial, a reflexão sobre o desenvolvimento do saber-fazer pedagógico deve vir associada à crítica, considerada como:

[...] uma atitude, uma forma de reformulação e recriação da realidade, o esforço de superação das práticas iniciais, a reconstrução de idéias próprias, tomando como referências os resultados das pesquisas, dos conhecimentos das disciplinas científicas e as experiências próprias e de outros colegas (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER; 2003, p.8).

Sem a crítica, a reflexão se estabelece em uma superficialidade. Com isso, há uma tendência em se generalizar acriticamente, numa sequência causal e linear, indicativas de um raciocínio com base em evidências do senso comum pedagógico. Por isso, já na formação inicial, essa reflexão crítica deve ser epistêmica e envolve a necessidade de superar a relação dicotômica entre os modos de como se apropriar de conhecimentos e de como ensiná-los.

O estímulo à reflexão, crítica e epistêmica, podem também melhor capacitar o futuro professor à melhor compreender e lidar com as contradições da sua formação e da sua profissão. As contradições se constituem como manifestações particulares da personalidade (da unidade da atividade e da comunicação e do cognitivo e do afetivo) e podem ocorrer tanto a um nível interpsicológico (contradições externas) quanto a um nível intrapsicológico (contradições internas) (ORTIZ TORRES, 2009).

As contradições internas se relacionam à subjetividade e são as essenciais para serem trabalhadas na formação inicial porque provocam conflitos internos¹⁷, com ou sem caráter consciente. Nos futuros professores as contradições internas podem se manifestar, por exemplo: i) entre o desenvolvimento cognitivo e o nível motivacional da sua formação inicial; ii) na reflexão individual para (auto)avaliarem a formação dos componentes da sua base de conhecimentos, como os conceitos, habilidades e estratégias para exercer futuramente a docência; iii) entre as necessidades e aspirações, expressadas como conflitos de motivos extrínsecos e intrínsecos associados a sua futura profissão.

Trabalhar pedagogicamente as contradições internas ao longo da formação inicial pode estimular no licenciando à busca pela satisfação de necessidades formativas para a construção consciente da sua identidade profissional de professor. Esse processo se reveste também em

¹⁷ Para os licenciandos, as contradições externas refletem a confrontação entre as exigências sociais e as possibilidades individuais, por exemplo, as exigências postas pela sociedade às instituições formativas e as suas possibilidades em dar-lhe respostas quando formados.

uma oportunidade em criar e manter uma motivação no futuro professor para que a sua formação inicial se constitua como um sistema de atividades intencionais para desenvolvimento da sua base de conhecimentos da profissão. Inclusive, atividades que o estimule a reconhecer, de um modo crítico-reflexivo, a importância de transformar crenças em capacidades cognoscitivas, intelectuais e éticas, relacionadas a aspectos profissionalmente fundamentados. Nesse sentido os licenciandos em química também necessitam de propostas que os levem a pensar sobre a estruturação do conteúdo químico, objetivando o ensino de conceitos e de habilidades.

A profissionalização da formação docente é um processo inseparável do seu objeto epistemológico, o desenho curricular e sua investigação pedagógico-didática em sala de aula (MORA; PARGA, 2005). Nesse campo, Núñez (NÚÑEZ, 1992; NÚÑEZ, 1996 a, b; NÚÑEZ; RAMALHO, 2013); Garritz e Trinidad-Velasco (2014), Sanmarti (2000), Pro Bueno (1999), García, Pro Bueno e Saura (1995) têm contribuído com conceituações significativas para o planejamento de sistemas didáticos voltadas ao ensino de química. Estudos nesse sentido têm se voltado à investigação do pensamento do professor, situando-o na compreensão do ensino como um processo de desenvolvimento profissional.

O desenho curricular para o ensino de química se situa em um ambiente de interseção de saberes da base de conhecimentos necessários ao professor (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013). Considerando a perspectiva do professor como um profissional, o desenho de sistemas didáticos é colocado como um projeto de investigação sobre o processo de ensino-aprendizagem de determinados conteúdos (RAMALHO *et al.*, 2003). Como discutem Núñez e Ramalho (2013), dentro do planejamento de unidades didáticas, a estruturação de conteúdos é colocada como um modelo processual de planificação. Os saberes expressos em um sistema didático envolvem o conhecimento disciplinar, o conhecimento histórico-epistemológico, a psicologia da aprendizagem e o conhecimento do contexto escolar (MORA; PARGA, 2008). O desenho de um sistema didático se relaciona a decidir o que vai ser ensinado (SANMARTI, 2000). Desse modo, um sistema didático reflete intenções educativas.

Em uma didática fundamentada no Enfoque Histórico-Cultural, o planejamento do processo de ensino é necessário para a se dirigir cientificamente a aprendizagem (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013; GALPERIN, 2001d; TALIZINA, 1988). A estruturação de sistemas didáticos envolve e expõe um conjunto de conhecimentos profissionais e concepções ideológicas. Um sistema didático também exhibe uma concepção teórico-metodológica sobre o currículo e sobre o ensino. As reflexões advindas da vivência em um sistema didático vinculado a um processo formativo também podem contribuir para desenvolver componentes

de saberes nos futuros professores, quando o conjunto de atividades planejadas e desenvolvidas são tomadas a partir de um modelo didático, não só para a aprendizagem, mas, também para o futuro exercício profissional. No entanto, contextualizando o posicionamento de Núñez e Ramalho (2013) para a formação inicial às discussões sobre o planejamento de sistemas didáticos para o ensino de conteúdos químicos, como um conhecimento necessário ao futuro professor, as experiências formativas com diferentes sistemas didáticos deve ser vista como uma possibilidade de apropriação de referenciais. Como possibilidades, e não como padrões definitivos. A ênfase dessa atividade está em proporcionar esquemas de ação e reflexão para a melhoria do como ensinar. Esse tipo de posicionamento é reforçado por Garriz e Trinidad-Velasco (2014). Esses autores destacam a complexidade envolvida no desenho de sistemas didáticos, pois essa atividade não se trata apenas de aspectos sobre o conteúdo científico, mas também sobre a aplicação do conhecimento pedagógico do conteúdo.

A formação inicial do professor de química deve superar uma aprendizagem experiencial, na qual os futuros professores observam os modelos docentes recebidos e com os quais se vão identificando pouco a pouco. Trabalhada nesse sentido, a prática tende a deslocar o desenvolvimento da identidade docente de um processo pouco reflexivo e desprofissionalizante, conforme estabelecido historicamente, passando a oportunizar referenciais teórico-metodológicos para a base de conhecimentos da profissão. É dentro desse contexto crítico-reflexivo, pautado em espiral dialética, vinculado à articulação entre o pensamento químico e o pensamento pedagógico que apropriação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades devem ser realizados.

As discussões realizadas nesse capítulo ratificam a ideia de que a formação inicial dos professores deve ser vista como parte de um todo histórico, pertencente a uma totalidade complexa. Ao mesmo tempo, ela deve ser particular e guardar especificidades, como acontece na formação do professor de química. Por isso, considerando que a sua essência deve ser buscada na totalidade da qual faz parte, a formação inicial do professor de química deve promover um sistema de atividades de aprendizagens que desempenham um significado de atividades de profissionalização e promovam um sentido profissional do formar-se professor. Nessa perspectiva, defende-se a formação inicial como a atividade do futuro professor, de modo particular do futuro professor de química, e a busca pela construção da sua base de conhecimentos profissionais como um sentido maior para esse processo formativo.

A identidade docente deve começar a ser construída pela viabilização da formação inicial como uma etapa na qual se devem formar bons profissionais do ensino, capacitando-os no desenvolvimento de uma sólida base de conhecimentos. Essa base deve ser atualizada no

transcorrer da sua longa, flexível e variada trajetória profissional. No ensino de química, tal formação almejada depende fortemente das qualidades das atividades de aprendizagem para o desenvolvimento, dialeticamente, do pensamento químico e do pensamento pedagógico do futuro professor de química. Portanto, a formação inicial na construção da identidade profissional docente deve direcionar o futuro professor de química a se identificar com o produto ou com as funções das relações sociais concretas, objetivas, voltadas à apropriação de saberes necessários à sua base de conhecimentos.

O conjunto de atividades de aprendizagem para a construção da profissionalidade docente na formação inicial do professor de química deve ser intencionalmente planejado e efetivado, de modo a dotar o futuro professor de conhecimentos e instrumentalidades para desenvolver-lhe o pensamento químico, no sentido de saber o conteúdo químico, e a ter o domínio sobre o saber-fazer pedagógico desse conteúdo. Esse processo se relaciona à apropriação de conceitos e ao desenvolvimento de habilidades no seu processo de ensino-aprendizagem e deve ocorrer ao longo das diferentes disciplinas do currículo, inclusive naquelas tradicionalmente limitadas à abordagem de conteúdos químicos.

Os tratamentos teórico-metodológicos assumidos em um curso de licenciatura devem capacitar o futuro professor ao domínio das instrumentalidades de como se apropriar de modo intencional e conjunto dos conceitos e habilidades, necessários à sua aprendizagem e para o seu trabalho de professor de química. Para tanto, é necessário que a categoria habilidade possa ser ensinada dentro de referenciais teórico-metodológicos. Além disso, quanto mais um saber é desenvolvido, formalizado, sistematizado, como acontece com determinados conhecimentos químicos, mais se revela quão complexo é o processo para o seu ensino-aprendizagem. Para tanto, exige-se uma formalização e uma sistematização adequada, segundo deve ocorrer com os conceitos químicos em isomeria. Conceitos que se desenvolveram na busca de explicações sobre o porquê das diferenças apresentadas nas propriedades das substâncias isoméricas, como serão discutidos no capítulo seguinte.

3 A EXPLICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ISÔMEROS

Neste capítulo é feita uma abordagem para destacar a centralidade do conceito de isômeros na química e, conseqüentemente, a sua relevância como um constituinte da base de conhecimentos profissionais do professor de química a ser construída na sua formação inicial. Nesse sentido, inicialmente, serão pontuados alguns dos principais aspectos em torno do desenvolvimento dos conceitos de isomerismo e de isômeros, que se vincula à busca pela explicação das propriedades exibidas pelas substâncias e à proposta de uma estrutura química para as moléculas. A gênese e a evolução do conceito de isômeros também são utilizadas para reforçar a organização do conteúdo isomeria, a ser realizada nesta pesquisa, em torno da formação de habilidades na formação inicial do professor de química. Para tanto, é preciso situar a isomeria no desenvolvimento histórico-epistemológico da química moderna, especialmente da química orgânica, como será visto a seguir.

3.1 A EXPLICAÇÃO DA ESSÊNCIA DO ISOMERISMO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSOLIDAÇÃO DA QUÍMICA

A química estuda a matéria e as suas formas de movimento (ENGELS, 1991). Ela é compreendida como a ciência que estuda as características da matéria em si e das suas transformações, ou seja, estuda a composição, a estrutura e as propriedades das substâncias e as reações pelas quais uma substância se converte em outra (SPENCER; BODNER; RICKARD, 2000). A química contribui para esclarecer a complexidade molecular e estabelece diferentes relações com outras ciências, ressaltando o seu caráter útil, multifacetado e criativo.

A ciência química tem se desenvolvido vinculada às necessidades sociais estabelecidas em cada momento histórico da civilização (MALDANER, 1999). Conforme as demais ciências, a química é uma criação humana, resultante de uma atividade humana muito complexa e sustentada (como qualquer outra atividade humana) em uma diversidade de valores.

A química se objetivada na realidade por meio da historicidade do seu objeto, o conhecimento químico, um objeto concreto, que tem a sua história. Esse conhecimento é proveniente da determinação ontológico-prática dos sujeitos participantes da comunidade científica, na qualidade de seres sociais ativos dessa mediação. Assim, o conhecimento químico é um conhecimento específico, gerado pelo trabalho humano, apoiado por bases

filosóficas (assumidas ou não), conjugadas a fatores sócio-econômico-políticos, ao longo de diferentes tempos e espaços históricos (MALDANER; PIEDADE, 1995).

O conhecimento químico é permeado por contradições, que são indicativas do movimento da ciência química. Elas são decorrentes das necessidades culturais e das influências de diferentes comportamentos humanos, inclusive aqueles exibidos pelos membros da comunidade química.

Ao longo da história, problemas e crises impulsionam o desenvolvimento de novos fenômenos e de novos conceitos. Essas questões incidem em perturbações sobre a teia químico-conceitual, possibilitando rupturas com o conhecimento existente, que resultem na efetivação de um novo sistema conceitual.

As interações possibilitadas pelo conhecimento químico auxiliam os sujeitos a perceberem que, hoje, a natureza se apresenta ao ser humano com feições muito diferentes. Também ela possibilita diferentes interações nas relações humanas, tanto benéficas quanto maléficas. Com o conhecimento químico a sua disposição, cada indivíduo pode atuar de forma específica, tanto sobre o meio natural quanto sobre o meio social, modificando-o e modificando-se, numa relação dialética. Assim, a química contribui para o homem compreender como a natureza e o próprio homem mutuamente se influenciam. Portanto, como acontece nas outras ciências, a química se desloca de visões acríticas, a-históricas, dogmáticas e de neutralidade social nas quais se tentam vincular a ciência e o conhecimento científico.

Para explicar os objetos e os fenômenos, cada ciência estuda as suas diferentes características, levando a formulação de conceitos. Os conceitos químicos surgem como formas de refletir o mundo (objetivo) na consciência. Com a ajuda dos mesmos, conhece-se a essência dos objetos e dos fenômenos, quando se abstraem e generalizam as suas características ou aspectos mais significativos.

A assimilação do conhecimento químico produzido é um direito humano, um direito a ser universalizado por meio da atividade de aprendizagem. Historicamente, essa missão passou a ser incubida à escola, levando ao desenvolvimento da disciplina de química escolar¹⁸.

¹⁸ De acordo com Filgueiras (1998), o ensino regular de Química no Brasil começou ao tempo de D. João VI. Compartilha-se aqui a ideia de Silva, que o “conhecimento escolar não é o resultado de uma seleção neutra. Ele é a sedimentação de uma tradição seletiva “[...] em que outras possibilidades acabaram descartadas. Ao mesmo tempo, o conhecimento escolar não é um produto homogêneo, em que um mesmo conteúdo é transmitido de um mesmo modo a todas as classes e grupos sociais”. (SILVA, 1992, p. 62).

No processo de ensino-aprendizagem de química, a atividade do estudante deve ser orientada à elaboração de conceitos, leis¹⁹ e teorias, procedimentos e para a resolução de problemas. Desse modo, a atividade de aprendizagem química se materializa quando o indivíduo é capaz de fazer abstrações para interpretar e explicar fenômenos, propriedades e processos, e resolver problemas ou situações que requerem o uso de conceitos químicos. Isso envolve um sistema de conceitos e habilidades que integram o conteúdo das disciplinas de química, conforme acontece com o conteúdo isomeria, voltado aos conhecimentos relacionados aos isômeros.

De acordo com a terminologia da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC): o *isomerismo* é um fenômeno que traduz “a relação existente entre isômeros”; um *isômero* é “uma das variadas espécies químicas (ou entidades moleculares) que possuem a mesma fórmula estequiométrica, mas diferente fórmula de linha ou diferente fórmula estereoquímica e, conseqüentemente, propriedades físicas e/ou químicas potencialmente diferentes”²⁰ (IUPAC, 1997). O isomerismo é um fenômeno relacionado a um entrelaçamento de acontecimentos, que, considerando a ótica engeliana, corresponde ao reflexo do processo histórico numa forma abstrata.

Alguns tentam buscar a origem do conceito de isômeros na Antiguidade, nas ideias dos atomistas gregos Leucippus e Democritus, citadas por Aristóteles em seu *Metaphysics* (SNELDERS, 1975). No entanto, foi no limiar do século XVIII e principalmente durante o século XIX, que o interesse pela compreensão desse fenômeno se difundiu, constituindo-se em uma questão central para a comunidade científica.

O naturalista alemão Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt (1769-1859) e químico e físico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) observaram, separadamente, que algumas substâncias com a mesma composição química exibiam diferentes propriedades (BYTAUTAS; KLEIN; SCHMALZ, 2000; ROCKE, 1984). Embora tenham tido essa percepção entre o final do século XVIII e o início do século XIX, a formalização do conceito de isômeros, do grego ισομερής - composto de partes iguais, é creditada a Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848), ao final da segunda década do século XIX (COOKE, 2004).

Dois fatos contribuíram bastante para as formalizações dos conceitos de isomerismo e de isômeros por Berzelius. Um deles foi a síntese de compostos de prata, oxigênio, carbono e nitrogênio; o fulminato de prata, AgNCO , publicada pelo químico alemão Justus von Liebig

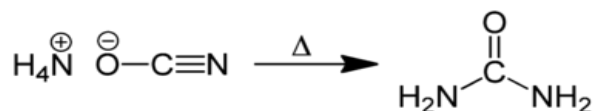
¹⁹ Um lei é o geral que se repete nos fenômenos (AFANÁSSIEV, 1985).

²⁰ De acordo com a IUPAC, “uma representação bidimensional de entidades moleculares no qual os átomos são mostrados unidos por linhas que representam ligações simples ou múltiplos, sem qualquer indicação ou implicação sobre a direção espacial de títulos” (IUPAC, 1994, p.1136).

(1803-1873) e por seu mestre Gay-Lussac; e do cianato de prata, AgOCN, por Friedrich Wöhler (1800-1882), em torno de 1824. Wöhler enviou um artigo para publicação dessa síntese a uma revista editada por Gay-Lussac²¹. Percebendo que as duas substâncias tinham a mesma fórmula empírica, mas que as propriedades eram bastante diferentes, ele comunicou o caso a Berzelius, o químico mais influente da época. Atentando para a relevância dessa questão, Berzelius repetiu os experimentos e ratificou que as duas substâncias tinham a mesma fórmula empírica, mas propriedades diferentes.

O outro fato marcante foi a síntese da uréia Wöhler, ex-aluno e colaborador de Berzelius. Alguns anos depois, em 1828, Wöhler obteve a ureia, um composto orgânico, a partir da isomerização do cianato de amônio, considerado um composto inorgânico, cuja reação encontra-se representada no esquema 1.

Esquema 1 - Equação da isomerização do cianato de amônio à ureia por Wöhler



Fonte: o próprio autor.

A síntese da ureia por Wöhler causou uma crise e abalou a sustentação da teoria da força vital (RAMBERG, 2003), contribuindo para uma das controvérsias da época, resultante dos conflitos entre anti-vitalistas e vitalistas. Essa síntese exemplifica o fato das substâncias orgânicas e/ou inorgânicas poderem ser isômeros. Além disso, ela é uma reação isomérica. Com isso, despertou-se ainda mais o interesse pelo isomerismo e logo foram descobertas muitas substâncias com vários isômeros. Atualmente, há uma concordância entre os historiadores da ciência de que essa síntese isomérica serviu para romper a influência do vitalismo sobre o pensamento da época, mas não deixou a questão resolvida (ASIMOV, 2003). Esse esclarecimento é atribuído a Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-84), outro químico alemão e estudante de Wöhler (ROCKE, 1993), ao sintetizar o ácido acético, uma substância orgânica, utilizando um método de síntese total.

Apesar de extremamente relevantes, as sínteses do fulminato de prata e da ureia não foram os únicos acontecimentos a iluminarem Berzelius a propor os conceitos de isomerismo e de isômeros. Além das citações já feitas a von Humboldt e a Gay-Lussac, Berzelius também os associou a outros relatos de isolamento de substâncias com a “composição química

21 As sínteses desses sais de prata geraram uma forte controvérsia entre Liebig e Wöhler, levando-lhes posteriormente a uma futura parceria profissional e amizade. Detalhes dessa controvérsia podem ser encontrados em Esteban Santos (2008) e discussões sobre controvérsias científicas e sua utilização no ensino de química são trazidas por Oki (2007); Furió-Gómez; Solbes; Furió (2005).

idêntica”, mas com diferentes propriedades. Por exemplo: compostos isolados pelo físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867), a partir de óleo combustível destinado à iluminação - dois diferentes óxidos de enxofre, em 1822 - e duas formas de ácido fosfórico, em 1825 (IHDE, 1984). Além disso, em 1826, Berzelius comprovou que o ácido racêmico e o ácido tartárico, possuidores de propriedades bem diferentes, pareciam ter a mesma fórmula empírica (ASIMOV, 2003). Com base nessas evidências, Berzelius se viu diante de um tipo de fenômeno químico para qual cunhou o termo isomerismo. Às substâncias envolvidas nesse fenômeno ele cunhou um novo termo: isômeros. Segundo Berzelius: “Por substâncias isoméricas eu entendo aquelas que possuem a mesma composição química e o mesmo peso atômico [molecular], mas diferentes propriedades” (BERZELIUS, 1830, p.326).

O isolamento de isômeros ao longo das primeiras décadas do século XIX abalou a ordem estabelecida pelo químico e físico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e dificultava a subordinação da química orgânica à química mineral. Nessa época, a teoria dualística se tornou dominante e era nela onde se buscava a explicação para o isomerismo. Para Berzelius, esse fenômeno derivava do fato de que os átomos que compõem as substâncias podiam se unir em maneiras diferentes. Entretanto, nesse período, ainda havia desacordos quanto aos pesos atômicos dos elementos, dúvidas sobre a existência de átomos reais e incertezas sobre fórmulas moleculares. Isso repercutia na notação química utilizada, resultando em diferentes formas para representar uma mesma substância. Consequentemente, também dificultava a compreensão teórica da existência de isômeros.

A química dessa época estava marcada por uma dualidade de pontos de vista sobre a realidade da estrutura das moléculas e da utilização de fórmulas químicas. Uma das escolas de pensamento defendia que nunca se poderiam obter informações sobre a estrutura física das moléculas, pois elas não apresentavam estrutura física e as fórmulas químicas eram úteis apenas para sistematizar reações químicas. Muitos desconsideravam o estabelecimento de desenhos como algo associado à organização estrutural da matéria (ARAÚJO NETO, 2007). Nesta perspectiva, átomos e moléculas eram meras abstrações úteis que poderiam correlacionar fatos químicos quando manipulados de acordo com certas regras, mas, cuja realidade era incerta ou indeterminada. Já a outra escola acreditava que átomos e moléculas tinham ou poderiam ter uma estrutura física real, dentro do sentido utilizado atualmente, apesar da ausência de uma evidência confirmatória direta.

Uma influência essencial na formação dessas e outras ideias teóricas na química eram externadas pela hipótese de Proust, ao reivindicar que vários elementos químicos representavam diferentes combinações de átomos. Isso fazia com que alguns químicos

afirmassem que uma mesma substância poderia ter várias fórmulas. Por isso, para Berzelius, “[...] desde que uma fórmula química é nada mais do que uma simples expressão de relações de peso, substâncias isoméricas do mesmo tipo podem ser rotulados pela mesma fórmula”. (BERZELIUS, 1830, p.326). Para ele, a composição das moléculas, representada em suas fórmulas empíricas, era a causa das propriedades químicas dos compostos. No caso dos isômeros, parecia evidente que, se as moléculas eram compostas de um mesmo número de cada tipo de átomos e se possuíam propriedades distintas, a diferença deveria estar no modo como eles estavam relacionados dentro da molécula.

Até a primeira metade do século XIX, era natural se acreditar que cada composto tinha uma fórmula empírica própria e que compostos distintos não podiam ter a mesma fórmula empírica (ASIMOV, 2003). Porém, os crescentes registros da ocorrência de isômeros continuavam a perturbar as ordens estabelecidas pelos principais modelos químico-teóricos vigentes: i) a teoria do dualismo eletroquímico e a teoria dos radicais, que eram fortemente influenciadas pelas concepções berzelianas, ii) e teoria dos tipos químicos²². Na prática, esse posicionamento causava intensos desacordos na representação e nomenclatura das substâncias orgânicas, além de não explicar os casos de isomerismo identificados. Apesar de que alguns casos de isomerismo encontrassem explicação pela teoria dos tipos químicos, como o caso do isomerismo entre o acetato de metila e formiato de etila (BYKOV, 1962), a essência do fenômeno era incompreendida e os outros casos existentes eram ainda eram incógnitas.

Tal situação era mais específica para os compostos orgânicos. Até essa época, os compostos inorgânicos receberam interpretações mais fáceis em termos atômicos, pela indicação dos distintos tipos de átomos presentes nas suas moléculas, ou seja, pelas suas fórmulas empíricas (ASIMOV, 2003). No caso dos isômeros inorgânicos, mais simples, isso era explicado como o resultado de um possível ordenamento dos átomos na molécula, que era fácil de ser previsto. No caso das substâncias orgânicas a situação era mais complicada.

O isomerismo era um dos fenômenos que sugeriam uma organização molecular e atômica. Juntamente com a necessidade de um acordo sobre os pesos atômicos e a terminologia utilizada na química, a elucidação desse fenômeno foi um dos critérios utilizados para realização do Congresso de Karlsruhe, em 1860 (CAMEL; KOEHLER; FILGUEIRAS, 2009)²³. As medidas tomadas nesse congresso contribuíram para a formulação de uma teoria estrutural, sob orientação da valência (afinidade), que permitiu explicar a grande maioria dos

²² Informações mais detalhadas sobre essas teorias podem ser revisadas em Araújo Neto (2007) e Camel; Koehler; Filgueiras (2009).

²³ Para leituras adicionais quanto a esse congresso, consultar Oki (2007) e Manzano (2009).

casos de isomerismo conhecidos. Entre os vários químicos que contribuíram para essa teoria, destacaram-se: o químico alemão Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896), o químico escocês Archibald Scott Couper (1831-1892) e o químico russo Alexander Mikhailovich Butlerov (1828-1886).

Os fatos citados anteriormente nem sempre são destacados durante o ensino-aprendizagem de isomeria ou na apresentação desse conteúdo nos livros didáticos. Do mesmo modo, no Ocidente, quase sempre se desconsidera a participação decisiva de Alexander Butlerov nesse processo, personificando-se a “descoberta” do isomerismo a Berzelius.

Butlerov foi quem conceituou, explicou e previu casos “isômeros estruturais” (TRINAJSTIC; GUTMAN, 2002)²⁴. Com base no conceito de “estrutura química”, termo introduzido por ele na química em 1861 (BUTLEROV, [1861], 1971), ele sintetizou e isolou substâncias isoméricas utilizando o seu modelo teórico-estrutural (CAMEL; KOEHLER; FILGUEIRAS, 2009). Ele também foi o primeiro a generalizar, em 1876, que um equilíbrio dinâmico pode existir entre duas formas isoméricas (WEININGER, 2000). Ideias sobre isomerizações em equilíbrio reversível são encontrados em trabalhos de Butlerov desde 1862-1866²⁵ (BYKOV, 1962). Entre os trabalhos experimentais em torno da questão do isomerismo, em 1864, Butlerov também realizou a primeira síntese de um álcool terciário, a partir da reação entre cloretos de acila com dialquilzincos²⁶.

Butlerov compreendia os isômeros como compostos com a mesma composição química, mas com propriedades diferentes por apresentarem estruturas químicas diferentes (KOSTYANOVSKY, 2004; ROJAS ARCE; GARCÍA LEYVA; ÁLVAREZ DÍAZ, 1990). Desse modo, apesar da composição química ser uma informação necessária para a identificação de uma substância, ela não é suficiente para esse processo de identificação. Também é preciso saber sobre a constituição das moléculas que compõem uma substância. Em relação a esse aspecto tão importante da química, o químico finlandês Edvard Immanuel Hjelt (1855-1921), afirmou:

24 Para Bytauta, Klein e Schmalz (1999), Alexander Crum Brown (1838-1922) estendeu o conceito de isomeria de Berzelius propondo a terminologia “isomerismo estrutural”, em 1860, como um ponto importante para a validade das representações das substâncias. No entanto, como a publicação de BROWN (1864) citada como referência para a mesma é posterior aos artigos de Butlerov (1861, 1862), alguns historiadores creditam esse feito ao químico russo.

25 Posteriormente, em 1885, o químico alemão Conrad Peter Laar (1853-1929) propôs o termo tautomeria para esses fenômenos, mas a sua representação do mecanismo de isomerismo reversível provou ser menos correto do que o de Butlerov (LEICESTER, 1971).

26 Essa reação que se tornou o único método confiável de produção desses tipos de alcoóis, até 1900, quando houve o desenvolvimento de uma nova alternativa sintética, realizada pelo químico francês François Auguste Victor Grignard (1871-1935), conhecida como reação de Grignard (BYKOV, 1962).

Butlerov compreendeu o conceito de constituição e estrutura como sinônimos como relativo ao arranjo dos átomos nas moléculas, e com relações de interdependência de cada um com o outro [...] suas observações criaram uma base firme e clara para a elucidação e exame crítico do isomerismo químico (HJELT, 1916, p.5).

A explicação geral de Butlerov dada para o fenômeno do isomerismo seguia a sua tese básica da teoria da estrutura química. Ele associou a relação das propriedades dos isômeros com as suas estruturas químicas pela existência da “influência mútua dos átomos”, transmitida ao longo das ligações. Como um resultado dessa influência, os átomos possuiriam diferentes “valores químicos”, dependendo do seu ambiente estrutural. Em seu artigo sobre o isomerismo, “Os diferentes caminhos de explicação dos vários casos de isomerismo”, ele explicou que a dependência das propriedades químicas na estrutura química é manifestada especialmente nas substâncias isoméricas (BUTLEROV, 1863 *apud* BYKOV, 1962). Os átomos são influenciados por outros átomos, dependendo da estrutura química, para adquirirem “significâncias químicas” diferentes, ou seja, diferentes desempenhos em reações químicas.

A estrutura química representava o arranjo químico dos átomos em uma molécula. Esses átomos eram considerados como unidades quimicamente indivisíveis e não como partes discretas da matéria no espaço. Desse modo, o termo “estrutura química” significava um desenho ou sumário do comportamento químico de uma substância através de outras substâncias, ou seja, ela não significava a representação de uma molécula na sua forma física, como é utilizado atualmente (como gostaríamos de ver a moléculas se pudéssemos vê-la). Desse modo, para o químico russo, no nível molecular, os isômeros possuem a mesma quantidade e “tipo” de átomos, mas diferem em suas estruturas químicas. Por outro lado, no nível fenomenológico, eles diferem em alguma(s) propriedade(s).

A expressão geral contida na tese de Butlerov foi dada, na forma concreta, por muitas “regras” elaboradas tanto por ele quanto por seus estudantes, especialmente por Vladimir Vasilyevich Markovnikov (1838-1904) e Alexandr Nikiforovich Popov (1840-1881). Com o aparecimento da ideia de elétrons no século XX, essas regras e o conceito de “influência mútua dos átomos” receberam uma interpretação eletrônica.

Em Butlerov, a constituição e a estrutura química são a essência do isomerismo que é evidenciado por pelo menos uma propriedade diferente dos isômeros. Ele incorporou a estrutura química como um conceito necessário para entender as relações existentes por trás dos fenômenos. A sua formulação conceitual instrumentaliza as condições para compreender as conexões entre as diferentes manifestações desse fenômeno químico, de modo a utilizar um

modelo químico-explicativo para compreender as complexas interdependências e relações dentro da realidade objetiva, que se relaciona com diversas esferas de interação da ciência química. Por meio da utilização de uma teoria estrutural para as substâncias orgânicas.

Butlerov compreendeu o conhecimento do isomerismo como o movimento do abstrato para o concreto. A noção de estrutura química partiu de noções mais simples, que reproduziam diferentes aspectos das substâncias (a composição química), para noções mais complexas, uma teoria estrutural, que se aplicava a explicar os casos de isômeros conhecidos, pois reproduzia esse objeto na sua plenitude e multilateralidade. Para ele, o isomerismo representava uma particularidade de uma essência maior. Ao propor seu modelo químico-experimental, Butlerov destaca que as características químicas de uma substância são conhecíveis e representáveis através de uma única fórmula representacional, que podem dar uma ideia das propriedades químicas das moléculas.

O conceito de estrutura química e as representações gráficas das estruturas químicas passaram a fazer parte do cotidiano dos químicos a partir daquela época. A busca pelo esclarecimento do isomerismo foi decisiva para se estabelecer que as moléculas não poderiam ser caracterizadas apenas pela sua composição. Assim, a compreensão desse fenômeno destacou a importância da constituição das moléculas e para a criação de fórmulas estruturais, contribuindo fortemente para a organização de pensamento químico em torno da noção da teoria estrutural.

Butlerov descartava o reducionismo da química à física, mesmo antes da comprovação da existência de átomos físicos. A sua explicação sobre o isomerismo não considerou que os átomos fossem apenas entidades físicas. A partir de um ponto de vista ontológico, se ele explicasse a existência de isômeros apenas por meio de átomos que mudam de lugares e de ligações (afinidades), que se redistribuem, a química ficaria reduzida à física. Por outro lado, a partir de um ponto de vista epistemológico, ele considerou que o comportamento físico dos átomos não serviria para justificar a mudança nas propriedades físicas e químicas dos isômeros, pois eles careceriam das propriedades de composição (constituição) para funcionar, na explicação do isomerismo e em outras explicações sobre fenômenos e processos, como “componentes” das substâncias.

Butlerov foi o primeiro professor a utilizar a teoria estrutural da química orgânica em sala de aula e a prever a existência de novos compostos orgânicos (LEWIS, 1995). O seu livro “Introdução ao Estudo Completo da Química Orgânica”, publicado em três pequenos volumes, abordava aspectos teóricos e experimentais, trazia discussões sobre propostas para explicação do fenômeno do isomerismo (KONOVALOV, 2011; LARDER; KLUGE, 1971).

No entanto, apesar de publicadas, suas ideias não mereceram o reconhecimento explícito da maioria dos químicos orgânicos de sua época. Nye (1993) afirma que apenas poucos dos seus contemporâneos concordaram com Butlerov sobre a possibilidade da escrita de “fórmulas estruturais verdadeiras”²⁷. Apesar desse posicionamento, sabe-se que a partir daquele momento as representações estruturais tenham se difundido rapidamente. Porém, entre os que consideraram as ideias de Butlerov, estava o físico-químico holandês Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911).

van't Hoff incorporou e foi além das concepções de Butlerov ao propor que as estruturas tridimensionais das moléculas poderiam ser apreendidas e acuradamente representadas. Ao fazer um levantamento sistemático da química orgânica, a partir do ponto de vista teórico desse químico russo, van't Hoff reconheceu a importância das ideias butlerovianas (van't HOFF, 1881). No entanto, as observações de que determinados isômeros óticos não se enquadravam nas explicações associadas às formas de representação utilizadas por Butlerov e por outros químicos contribuíram para o estabelecimento do carbono tetraédrico. Nesse sentido, foi proposta uma abordagem estereoquímica, da qual se derivaram os conceitos de configuração e de conformação, possibilitando a compreensão de outros tipos de isomerismo.

Um dos principais fatos contributivos para a proposta de uma estereoquímica²⁸ para as moléculas foi o isolamento e separação manual dos isômeros *dextro* e *levo* do tartarato de sódio e amônio, realizados em 1848, pelo cientista francês Louis Pasteur (1822-1895). No entanto, as pesquisas de Pasteur foram viabilizadas por resultados de trabalhos anteriores, como os de Christian Huygens, que comprovou no final do século XVII a existência da luz plano-polarizada²⁹, e pelo físico e matemático francês Jean-Baptiste Biot (1774-1862)³⁰. Por volta de 1815, Biot verificou que havia a rotação dessa luz em alguns compostos naturais, tanto líquidos quanto em soluções. Somente em seguida, mas também de importância fundamental para a estereoquímica, houve a proposição da estrutura tetraédrica do carbono, realizada ao mesmo tempo e de forma independente por van't Hoff e pelo químico francês Joseph-Achille Le Bel (1847-1930) (MCMURRY, 2007).

²⁷ A contribuição de Butlerov para a formulação de uma teoria estrutural unificadora para a química e sua contribuição para o desenvolvimento da química estimulou a escrita de um texto sobre as contradições em torno da comunidade química em torno da explicação do isomerismo. O interesse pela vida-obra de Butlerov e por sua grande contribuição à química também estimulou a escrita de outros dois textos. Esse material segue em anexo ao corpo da tese.

²⁸ O termo estereoquímica foi proposto pelo químico alemão Victor Meyer (MISLOW, 2002a,b).

²⁹ O termo luz plano-polarizada foi proposto, em 1808, pelo físico francês Etienne Louis Malus (1775-1812).

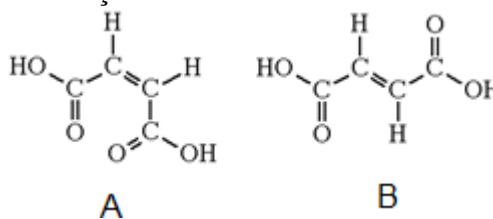
³⁰ Biot descobriu que determinadas substâncias orgânicas, como o açúcar de cana, o ácido tartárico e a turpentina, tanto em forma pura como em solução desviavam o plano da luz polarizada.

A proposta de van't Hoff e LeBel foi mais uma contribuição para que houvesse uma teoria estrutural unificadora para a química. Como se aceita atualmente, para van't Hoff as propriedades de um material surgem pelas relações íntimas dos seus constituintes e a fórmula constitucional é hábil para explicar as propriedades dos corpos que elas representam (WEININGER, 2000). Nesse caso, a fórmula constitucional pode ser representada de um modo tri-dimensional, a fórmula estereoquímica. Esse tipo de compreensão permitiu que os químicos solucionassem o problema dos isômeros opticamente ativos, levando ao entendimento de diferentes tipos de estereoisômeros, como os enantiômeros. van't Hoff e LeBel também postularam modelos teóricos para explicar e prever outros casos de estereoisomeria, relacionados à isomeria conformacional e à isomeria *cis-trans*.

O átomo de carbono tetraédrico era utilizado para explicar muitas questões da química. Essas ideias foram ainda mais disseminadas no livro de van't Hoff, publicado com apoio do químico alemão Johannes Wislicenus (1835-1902). Em relação ao isomerismo, verificou-se que os compostos que possuíam átomos de carbonos assimétricos (ligados a quatro átomos ou grupos de átomos diferentes) possuíam atividade ótica, enquanto que aqueles que não possuíam carbonos assimétricos não a apresentavam. Além disso, o número de isômeros óticos era sempre igual ao número predito na teoria de Van'tHoff-LeBel (2^n , onde n é igual ao número de carbonos assimétricos).

A questão estereoquímica foi levada à ideia de conformação. Tanto Le Bel quanto van't Hoff propuseram que a isomeria existente entre o ácido fumárico e o ácido maleico (figura 1) resultava do impedimento da rotação da ligação entre carbonos, por causa da C=C.

Figura 1 - Representações estruturais do ácido butenodióico



A) Ácido maleico, o isômero *cis* e B) Ácido fumárico, o isômero *trans*

Fonte: o próprio autor.

Wislicenus assimilou e defendeu a ideia da estereoquímica e conseguiu explicar e prever outros casos desse tipo de estereoisômeros em compostos contendo ligações C=C, inclusive em compostos cíclicos, que possuíam propriedades físicas e químicas diferentes.

O modelo teórico-estrutural que se firmava com a abordagem estereoquímica também forneceu um arcabouço teórico para que Hermann Emil Fischer³¹ (1852-1919), em 1880, demonstrasse que cada um dos açúcares simples com fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$ possuíam quatro carbonos assimétricos (ASIMOV, 2003). Esses compostos tinham muitas propriedades em comum, mas se diferenciavam em outras, especialmente nos valores de suas atividades óticas. Havia dezesseis estereoisômeros, que se dispunham em oito pares, nos quais cada um girava o plano da luz polarizada na mesma magnitude, mas em sentidos contrários.

Outros casos de isomeria ótica envolvendo centros assimétricos também foram encontrados. O químico alemão Victor Meyer (1848-97) mostrou os enlaces de átomos de nitrogênio, arrançados tridimensionalmente, podiam explicar certos tipos de isomerismo óticos. Outros químicos verificaram que essa característica era aplicável a outros átomos, como mostrou o inglês William Jackson Pope (1870-1939) ao enxofre, ao selênio e ao estanho, e o franco-alemão Alfred Werner (1866-1919) ao cobalto, ao cromo, ao ródio e a outros metais (ASIMOV, 2003).

No século XIX, a busca pela compreensão de diferentes tipos de isomerismo tornou-se parte do programa para o desenvolvimento da química por muitos anos, especialmente da química orgânica. Porém, a compreensão da essência desse fenômeno também se relaciona ao desenvolvimento a outras duas áreas tradicionais da química, como a físico-química e a química inorgânica. Na físico-química o isomerismo exerce fortes influências, desde o final do século XIX, especialmente as derivadas dos trabalhos de van't Hoff³², com o isomerismo conformacional. Na química inorgânica, a síntese de isômeros em complexos inorgânicos, a comprovação das estruturas moleculares desses compostos e a avaliação de suas propriedades forneceram argumentos decisivos para que o químico francês Alfred Werner (1866-1919) pudesse desenvolver e defender a sua teoria de coordenação da estrutura molecular, entre a última década do século XIX e o começo do século XX³³ (QUEIROZ; BATISTA, 1998).

A teoria proposta por Werner considera que as relações estruturais entre os átomos em certas moléculas inorgânicas, relativamente complexas, os compostos de coordenação ou complexos de metais de transição podem se distribuir em torno de um íon metálico central, geralmente de um metal de transição. Essa espécie se associa a moléculas neutras ou a ânions, denominados ligantes. O número de coordenação de um complexo exprime a quantidade de ligantes coordenados ao íon metálico na primeira esfera de coordenação, que indica o número

³¹ Em 1902, Fischer recebeu o prêmio Nobel por seus trabalhos na estrutura e síntese de açúcares e outras substâncias orgânicas como a purina.

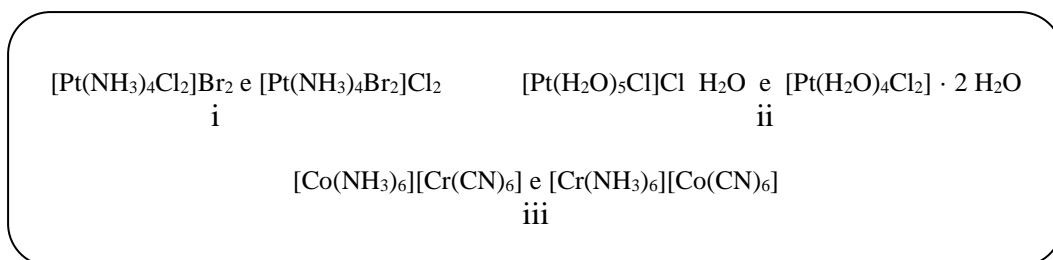
³² van't Hoff foi o primeiro cientista a receber o Prêmio Nobel de Química, por seus trabalhos em físico-química

³³ Por causa dessas contribuições alguns o consideram “o pai” da química de coordenação e da estereoquímica.

de vizinhos mais próximos. Os números de coordenação mais comuns são: seis, que correspondem basicamente a complexos com geometria octaédrica; e quatro, referente a complexos quadrado-planares ou tetraédricos.

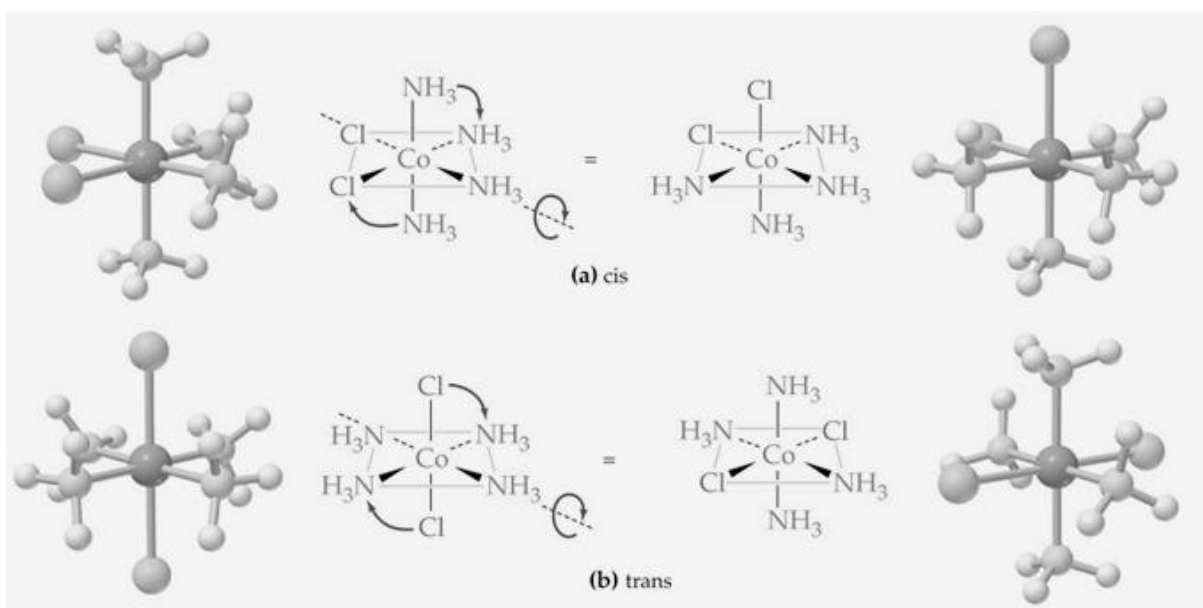
Werner verificou que também há isomerismo entre os complexos inorgânicos, resultando em isômeros constitucionais e estereoisômeros de compostos de coordenação (LEE, 1996). Há diferentes tipologias para os isômeros constitucionais: i) isômeros de ionização, relacionada à troca de posição entre os íons da primeira esfera de coordenação com os da segunda esfera; ii) isômeros de hidratação, quando há, na primeira esfera, a substituição de um íon da segunda esfera de coordenação por uma molécula de água; iii) isômeros de ligação, quando alguns ligantes possuem mais de um átomo em condições de coordenação; iv) isômeros de coordenação, por causa da possibilidade existir troca de ligantes, quando tanto o cátion quanto o ânion são íons complexos; v) isômeros de posição, possibilidade de ocorrência em complexos polinucleares, quando uma troca de ligantes entre os diferentes núcleos metálicos origina isômeros de posição. A figura 2 exemplifica essa particularização do isomerismo em substâncias inorgânicas.

Figura 2 - Exemplos de isômeros constitucionais em compostos de coordenação



Fonte: o próprio autor.

Compostos de coordenação de geometria quadrado-planar e de geometria octaédrica, quando são do tipo $[\text{MX}_4\text{Y}_2]$, também podem apresentar isomeria *cis-trans*. Um exemplo ocorre com a diaminodicloroplatina (II), de coordenação planar, que contém um átomo central de platina rodeado por dois átomos de cloro e dois grupos amônia (figura 3).

Figura 3 - Isômeros *cis* (a) e *trans* (b) da diaminodichloroplatina (II)

Fonte: <http://cisplatina.paginas.sapo.pt/mecanismosaccao.html> (Acesso em: 11/05/2013)

O isômero *cis*, a cisplatina ou *cis*-diaminodichloroplatina (II) é um agente antineoplásico, citotóxico e desempenha um papel importante no tratamento de diversos tipos de cancer, como por exemplo: testículos, ovários, garganta, bexiga e esôfago. A sua atividade anti-tumoral é atribuída à ligação ao DNA, originando ligações intra e intercadeias que induzem alterações estruturais nesse biopolímero. O isômero *trans*, a transplatina, também forma complexos com o DNA, no entanto, não apresenta efetividade como agente quimioterapêutico.

O desenvolvimento da isomeria é uma mostra de como o conhecimento científico vincula-se a processos envolvendo diferentes procedimentos, a participação da comunidade científica internacional e instituições distintas. É também um bom exemplo de como o desenvolvimento científico está caracterizado por esforço e competências, mas também por conflitos, inconsistências e controvérsias entre teorias rivais, pessoas e ideologias. Um exemplo das controvérsias³⁴ em torno da teoria estrutural e da compreensão do isomerismo pode gira em torno da publicação de van't Hoff. O trecho a seguir foi publicado por Kolbe, quando já renomado, em um dos periódicos da época, em protesto às ideias de van't Hoff.

³⁴ Há diferentes casos de controvérsias científicas associadas à proposição de uma teoria estrutural, que também explicasse o isomerismo. Por questão de espaço, essa discussão não foi detalhada no corpo da tese, mas se encontra em um texto anexado ao trabalho.

Em um trabalho recentemente publicado com o mesmo título (Sinal dos Tempos), insisti no fato de que um a das causas do retrocesso atual da pesquisa química na Alemanha é a falta de conhecimento químico geral e, ao mesmo tempo, fundamental. Muitos de nossos professores de química estão nesta situação e causam muito mal à ciência. Uma consequência imediata disto é que se está espalhando uma teia de aparente escolaridade e conhecimento, que não passa da filosofia natural, superficial e estúpida, desmascarada há cinquenta anos pela ciência natural exata, e que, agora, ataca novamente, ajudada por pseudocientistas que tratam de disfarçá-la e apresentá-la como ciência, assim como se tentassem introduzir uma prostituta bem vestida e empoada na boa sociedade, à qual não pode pertencer.

Qualquer um que possa pensar que os conceitos acima são exagerados poderá ler, se conseguir, o livro dos senhores van't Hoff e Hermann sobre A Disposição dos Átomos no Espaço, recentemente publicado, e que está cheio de tolices e fantasias. Eu teria ignorado mais este livro se um químico de reputação não o tivesse recomendado calorosamente como uma realização de alto nível.

O tal Dr. J. H. van't Hoff da Escola de Veterinária de Utrecht, aparentemente não tem tendência alguma à investigação química exata. Ele prefere montar Pégaso (aparentemente emprestado pela Escola de Veterinária) e proclamar em sua *La chimie dans l'espace* como lhe parecem estar os átomos dispostos no espaço, vistos do Monte Parnaso químico a que ele chegou voando. (KOLBE, 1877).

A interpretação do isomerismo ocorreu intimamente vinculada à concepção e ao desenvolvimento de estrutura molecular e na busca em se compreender o porquê das diferenças nas propriedades exibidas pelos isômeros. A busca pela identificação das estruturas e explicação das propriedades dos distintos tipos de isômeros tem sido um grande desafio para os químicos. No século XIX, esse processo foi permeado por tensões, contradições e rupturas com o conhecimento já existente, vinculando-se à proposição de uma teoria estrutural unificadora e à consolidação da estereoquímica. No entanto, a busca por explicações sobre características do isomerismo prosseguiram até esse milênio.

3.2 AS PARTICULARIDADES DO ISOMERISMO: A IDENTIFICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ISÔMEROS E AS DIFERENÇAS NAS PROPRIEDADES DAS SUBSTÂNCIAS ISOMÉRICAS

A explicação do isomerismo se utilizou de um modelo teórico-experimental que passou a destacar tanto a importância da constituição quanto configuração das estruturas das moléculas das substâncias. Há diferentes modelos para classificar fenomenologicamente os isômeros (DOBROWOLSKI, 2003; SLANINA, 1981). Tomando por base o modelo de conectividade molecular, as substâncias isoméricas podem ser sistematizadas em dois grandes grupos: isômeros constitucionais e isômeros espaciais ou estereoisômeros.

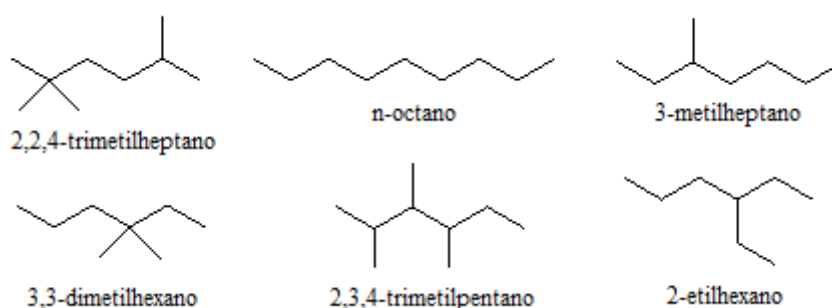
No século XX, a denominação “isômeros estruturais” passou a ser considerada inconsistente e foi substituída pela terminologia “isômeros constitucionais” (MISLOW, 2002;

ESTEBAN, 2008; IUPAC, 1997). Essa modificação foi proposta porque qualquer isômero possui uma estrutura diferente do outro. Além disso, a estrutura química abrange constituição (conectividade), a configuração e a conformação, esses dois últimos aspectos se referem à estereoquímica.

A constituição é uma característica que relaciona a quantidade e os tipos de átomos à conectividade existente entre eles. Desse modo, a constituição exprime a estrutura das moléculas, representando um “mapa” bidimensional, no qual estão indicadas as ligações interatômicas. Apesar de a constituição poder ser representada por uma representação gráfica bi-dimensional (2D), não significa que a molécula seja necessariamente plana. Por isso, a terminologia “isômeros planos” também não é recomendada para designar os isômeros constitucionais (IUPAC, 1997). No isomerismo constitucional, duas ou mais substâncias têm a mesma fórmula molecular, porém exibem diferenças na conectividade entre os seus átomos.

Devido à possibilidade de combinações dos átomos dentro de uma determinada estrutura, o número de isômeros constitucionais relacionados a uma dada fórmula molecular pode ser muito grande³⁵. Em moléculas orgânicas que apresentam muitos átomos, essa probabilidade aumenta ainda mais. Por exemplo, há mais de 4 (quatro) mil isômeros de fórmula $C_{15}H_{32}$ e mais de 4 (quatro) bilhões com a fórmula $C_{30}H_{62}$ (MCMURRY, 2005). Tal fato ressalta as diversidades estruturais dos isômeros e as suas respectivas variações em termos de propriedades químicas e físicas, que às vezes são bastante diferentes. Por exemplo, o 2,2,4-trimetilpentano ou isooctano (C_8H_{18}) é utilizado como índice de referência para a avaliação da detonação da gasolina, conseqüentemente da sua qualidade, diferente dos seus outros isômeros constitucionais, alguns deles exemplificados na figura 4.

Figura 4 - Representações estruturais do isooctano (2,2,4-trimetilpentano) e alguns dos seus isômeros



Fonte: o próprio autor.

³⁵ A possibilidade de isomerismo abriu um campo de pesquisa na química computacional para desenvolver programas voltados a identificar estruturas de isômeros e avaliar suas possíveis propriedades. Propostas nesse sentido podem ser vistas no trabalho de Bytautas *et al.* (2000)

O quadro 1 mostra um pouco da relação quantitativa que pode existir entre os isômeros constitucionais. Nessa exemplificação, mantém-se o destaque nos alcanos.

Quadro 1 - Quantidade de isômeros constitucionais de alguns alcanos

n	$NI(n)$	n	$NI(n)$	n	$NI(n)$
1	1	11	159	21	910 726
2	1	12	355	22	2 278 658
3	1	13	802	23	5 731 580
4	2	14	1 858	24	14 490 245
5	3	15	4 347	25	36 797 588
6	5	16	10 359	26	93 839 412
7	9	17	24 894	27	240 215 803
8	18	18	60 523	28	617 105 614
9	35	19	148 284	29	1 590 507 121
10	75	20	366 319	30	4 111 846 763

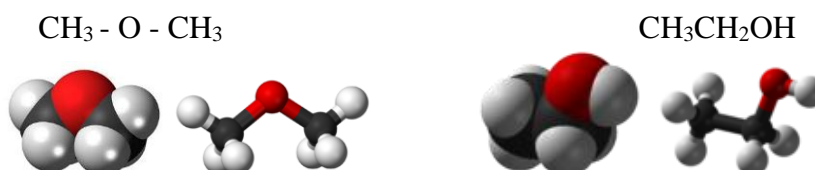
$NI(n)$ = Quantidade de isômeros constitucionais de fórmula C_nH_{2n+2}

Fonte: Gutman (2008)

As diferenças estruturais dos isômeros constitucionais são indicadas por mudanças na sequência de ligações, ou seja, na conectividade dos átomos. Essas características estruturais influenciam as propriedades exibidas pelos isômeros, assim como, de um modo geral, ocorre as demais substâncias. Em alguns casos, as diferenças podem ser insignificantes. Mas todo e qualquer isômero apresenta pelo menos uma propriedade físico-química que o diferencie de outro(s) isômero(s). Por exemplo, as ramificações existentes no iso-octano contribuem para diferentes interações intermoleculares, que repercutem nas diferenças das suas diferentes temperaturas de fusão e de ebulição, e no poder antidetonante, quando comparados com seus hidrocarbonetos isoméricos. As suas características estruturais proporcionam interações intermoleculares dipolo-dipolo diferentes das existentes em seus hidrocarbonetos isoméricos.

As diferenças constatadas nos isômeros constitucionais também podem ser mais complexas do que uma variação no tamanho da cadeia ou na disposição de um substituinte. Elas podem se relacionar à presença de diferentes grupamentos funcionais, conforme pode ser observado entre o éter dimetílico e o etanol (figura 5), dois compostos com propriedades distintas, embora tenham como fórmula molecular C_2H_6O . Nesse caso, as forças intermoleculares serão influenciadas pelos grupamentos funcionais oxigenados presentes.

Figura 5 - Representações estruturais do éter dimetílico e do etanol, isômeros constitucionais



Fonte: o próprio autor.

Há uma diversidade de casos particulares de isomeria constitucional. Inclusive a possibilidade de isomerismo dinâmico, o tautomerismo. Um exemplo de tautomerismo ceto-enólico ocorre no acetoacetato de etila (figura 6), que tem diversas utilizações na indústria química, como intermediário sintético, na produção de fármacos, aditivos alimentares, corantes e perfumes. Em hexano, a forma enólica representa 46%. Essas duas formas isoméricas podem ser separadas por destilação a pressão reduzida, utilizando equipamento de quartzo (ELIEL; WILEN, 1994).

Figura 6 - Tautomerismo no acetoacetato de etila



Fonte: o próprio autor.

Casos de tautomerismo também ocorrem na natureza. Por exemplo, eles se relacionam às mutações espontâneas, que ocorrem ao acaso, como um evento natural na vida de um organismo. Em geral, essas mutações são provocadas por uma modificação química transitória nas bases nitrogenadas do DNA. Como as características de pareamento são alteradas, uma base incorreta (tautômero) é alocada pela polimerase, constituindo o erro. Não havendo oportunidade de correção desse erro, acontece a mutação.

A utilização do critério da constituição é necessária, mas não é suficiente para explicar as propriedades exibidas por todas substâncias isoméricas. Moléculas com constituições idênticas também podem ser isoméricas. Isso ocorre nos estereoisômeros. Em determinados casos, a diferença no arranjo dos átomos em determinada parte da estrutura química é outra característica necessária para se compreender as propriedades exibidas. Esse é o caso dos estereoisômeros. Eles possuem as mesmas conectividades, porém, em relação a determinado referencial dentro das moléculas, há variações nos arranjos espaciais, que interferem em suas conformações ou configurações (IUPAC, 1997). Por isso, a estereoisomeria pode ser conformacional ou configuracional.

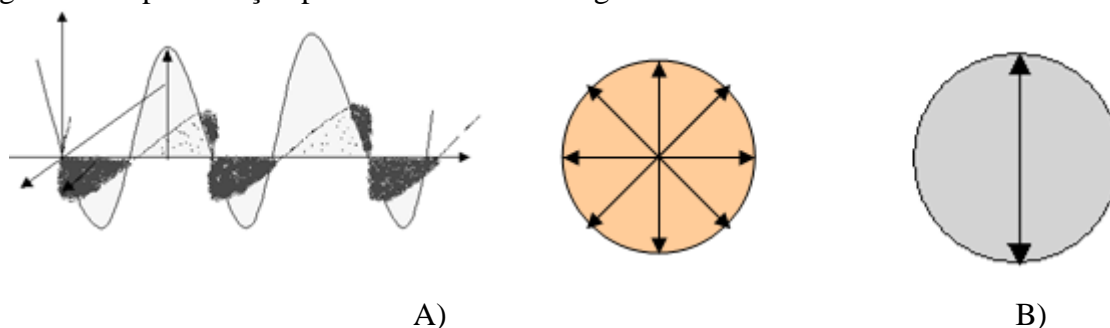
Um importante tipo de estereoisomeria está na relação entre enantiômeros, duas moléculas isoméricas não-superponíveis³⁶ e que são imagens especulares uma da outra. Os

³⁶ Segundo Solomons e Fryle (2006, p. 105): “Ser superponível é diferente de sobreponível. Quaisquer dois objetos podem ser sobrepostos simplesmente colocando-se um objeto em cima do outro, sejam os objetos iguais ou não. Para superpor dois objetos (como na propriedade da superposição) significa, por outro lado, que todas as partes de cada objeto devem coincidir. A condição de serem superponíveis deve ser satisfeita para que as duas coisas sejam idênticas.”

demais estereoisômeros são chamados de diastereoisômeros, incluindo-se os isômeros Z-E e os isômeros conformacionais. Apesar de haver essa classificação, dividindo os tipos de isomerismo nesses dois grupos, há alguns tipos de isômeros, os topológicos, que podem ser considerados tanto como isômeros constitucionais quanto como estereoisômeros (DOBROWOLSKI, 2003).

Os enantiômeros puros apresentam as mesmas propriedades físicas (por exemplo, temperaturas de fusão e de ebulição, e densidade), exceto a propriedade de desviarem o plano da luz polarizada (figura 7). Essa característica faz com que os enantiômeros sejam chamados de quirais, por analogia às mãos (do grego, *kchiros*).

Figura 7 - Representação para as ondas eletromagnéticas



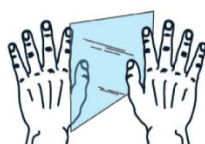
A) Luz comum e B) luz plano-polarizada

Fonte: <http://qnint.sbq.org.br/qni/> (Acesso em: 30/06/2012)

As mãos (direita e esquerda) são exemplos de material enantiomérico, pois são imagens especulares não são superponíveis; não há como sobrepor uma na outra sem tirá-las de um plano (figura 8).

Figura 8 - Imagem especular da mão humana

Espelho - imagens especulares



Sobreposição das imagens

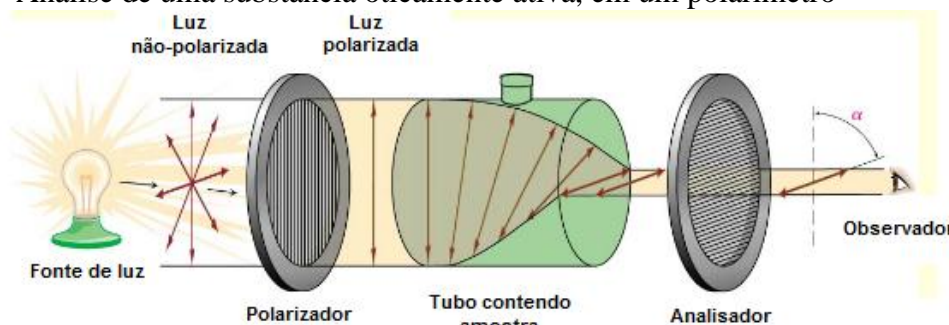
Fonte: <http://qnint.sbq.org.br/qni/> (Acesso em: 30/06/2012)

A quiralidade é um fenômeno que se manifesta macroscopicamente, sendo necessária a existência de assimetria para essa propriedade ser exibida. Assim, a relação entre atividade ótica e simetria é simples, ou seja, os enantiômeros são quirais, por serem assimétricos. Desse modo, apenas as substâncias que possuem algum elemento de quiralidade desviam o plano da

luz polarizada, ou seja, para ser quiral, um objeto ou molécula não pode ter determinados elementos de simetria: plano, eixo impróprio ou centro de inversão.

A atividade ótica dos compostos quirais depende não somente do arranjo espacial dos seus átomos, mas também do meio em que eles se encontram e é obtida experimentalmente. A medida do desvio do plano da luz polarizada³⁷ é efetuada num polarímetro. Caso o plano da luz polarizada seja desviado, a substância é dita opticamente ativa e, então, diz-se que possui atividade ótica. Quando o desvio da luz plano-polarizada ocorre para a direita, em um ângulo $+ \alpha$, a substância é chamada de dextrorrotatória (+); quando o desvio é para a esquerda, em um ângulo $- \alpha$, a substância é chamada de levorrotatória (-)³⁸. Desse modo, os enantiômeros são opticamente ativos (desviam o plano da luz polarizada) e o fazem em sentidos oposto. A figura 9 ilustra esse processo.

Figura 9 - Análise de uma substância opticamente ativa, em um polarímetro



Fonte: <http://www.csus.edu/indiv/s/spencej/Chem%2031/Day%209%20Lecture.pdf> (Acesso em: 30/06/2013)

Quando a luz plano-polarizada passa através de um meio quiral, os componentes da direita e da esquerda da luz plano-polarizada se direcionam através desse meio em diferentes velocidades. Como resultado, o vetor soma desses dois componentes sofrerá uma rotação, em relação ao plano inicial em uma das direções. A atividade ótica é uma propriedade das substâncias quirais e o seu valor é característico da estrutura e depende da temperatura, da concentração e do comprimento do caminho percorrido pela luz plano-polarizada no meio quiral.

Uma mistura em quantidades equimolares dos enantiômeros é opticamente inativa, sendo chamada de racemato ou mistura racêmica (representada por \pm). Além disso, quando são analisadas no estado gasoso ou líquido, comparativamente, as propriedades exibidas pelas misturas racêmicas são as mesmas apresentadas pelos enantiômeros, individualmente. Porém, no estado sólido frequentemente os racematos possuem propriedades físicas diferentes das dos

³⁷ O termo luz plano-polarizada foi proposto em 1808 pelo físico francês Etienne Louis Malus (1775-1812).

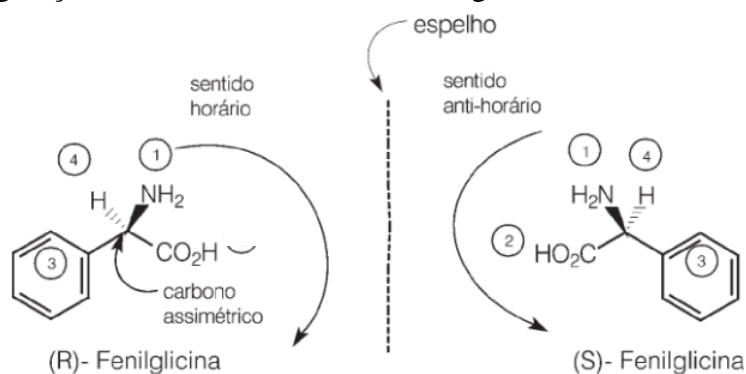
³⁸ Os prefixos *d*, *l* e *dl* foram utilizados por muito tempo, em correspondência aos prefixos (+), (-) e (\pm) respectivamente, mas eles têm o uso fortemente desencorajado pela IUPAC (1997).

enantiômeros, como pode ser verificado nas diferenças de temperaturas de fusão, solubilidade e calor de fusão (SMITH; MARCH, 2007).

Os átomos tetraédricos com quatro grupos diferentes eram chamados de átomos quirais ou átomos assimétricos. A partir de 1984, Mislow e Siegel (1984) apontaram que o uso da terminologia “carbono quiral” ou “carbono assimétrico” estava representando, desde o período de Van’t Hoff, uma fonte de confusão conceitual na estereoquímica. Assim veio a decisão de utilizar o termo “centro estereogênico”, baseando-se na reflexão de que a quiralidade é uma propriedade geométrica que impregna e afeta todas as partes de uma molécula quiral. Logo, todos os átomos de uma molécula assimétrica estão em um ambiente quiral, conseqüentemente, todos são chamados de quirotópicos (CINTAS, 2008).

Há outra nomenclatura atribuída aos enantiômeros, igualmente adotada pela IUPAC. Ela é baseada na configuração absoluta de um centro estereogênico. No caso dos carbonos estereogênicos, eles recebem os prefixos *R* ou *S* para diferenciá-los, seguindo o sistema de regras teóricas Cahn-Ingold-Prelog (CIP), desenvolvido pelos químicos britânicos Robert Sidney Cahn (1899-1981) e Christopher Kelk Ingold (1893-1970) e pelo químico croata Vladimir Prelog³⁹ (1906-1998), em 1966 (FUJITA, 2004). Esse sistema é exemplificado para o aminoácido fenilglicina (figura 10).

Figura 10 - Aplicação da regra *R* e *S* de Cahn-Ingold-Prelog para a determinação da configuração absoluta de carbonos estereogênicos



Fonte: <http://qnint.sbq.org.br/qni/> (Acesso em: 30/06/2012)

Um composto dextrorrotatório (+) pode ter a forma *S* e um o levorrotatório (-) a forma *R* e vice-versa. A nomenclatura *R* e *S* é atribuída por critérios teóricos, enquanto que os termos dextrorrotatório (+) e levorrotatório (-) são experimentais.

Os pares de enantiômeros possuem, em geral, as mesmas propriedades químicas em um ambiente simétrico. No entanto, apesar de a diferença visual entre os enantiômeros

³⁹ Prelog laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1975, juntamente com John Cornforth, pela sua grande contribuição ao estudo da estereoquímica das moléculas orgânicas (REZENDE, 2007).

parecer irrelevante ela é uma consequência estrutural capaz de proporcionar-lhes propriedades completamente diferentes em um ambiente assimétrico. Por exemplo: os enantiômeros podem reagir com velocidades diferentes com moléculas aquirais, caso seja na presença de catalisadores quirais; eles podem ter diferentes solubilidades em solventes quirais. Em alguns casos, apesar de existirem, essas diferenças podem ser muito pequenas para serem medidas. Já nos sistemas biológicos as propriedades exibidas pelos enantiômeros podem ser bastante diferentes. Um exemplo dessa variação acontece com a carvona, onde os enantiômeros *R*-(-)-carvona e *S*-(+)-carvona têm odor de menta e de semente de cominhos, respectivamente (figura 11).

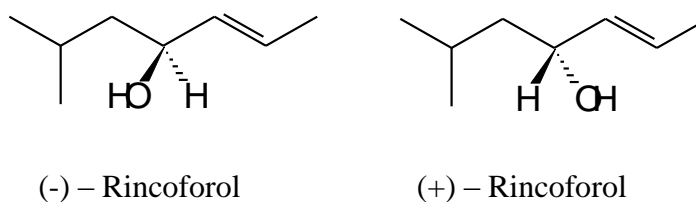
Figura 11 - Representações estruturais dos enantiômeros da carvona



Fonte: <http://www.dgaryoung.com/blog/tag/essential-oil/page/6/> (Acesso em: 30/06/2012)

Em alguns casos, as misturas de enantiômeros podem ser utilizadas para determinado fim. Um exemplo é o rinfoforol, o feromônio de agregação do inseto *Rhynchophorus palmarum*, conhecido como a “broca do olho-do-coqueiro”. O *S*-(-)-rinfoforol é o isômero ativo, porém o *R*-(+)-rinfoforol não possui atividade inibitória sobre o mesmo (figura 12). Isso permite a utilização da mistura racêmica (\pm)-rinfoforol no controle biológico do inseto, que é praga da cultura do coco (*Cocos nucifera*) (GOULART SANT’ANA *et al*, 2002).

Figura 12 - Representações estruturais dos enantiômeros do rinfoforol

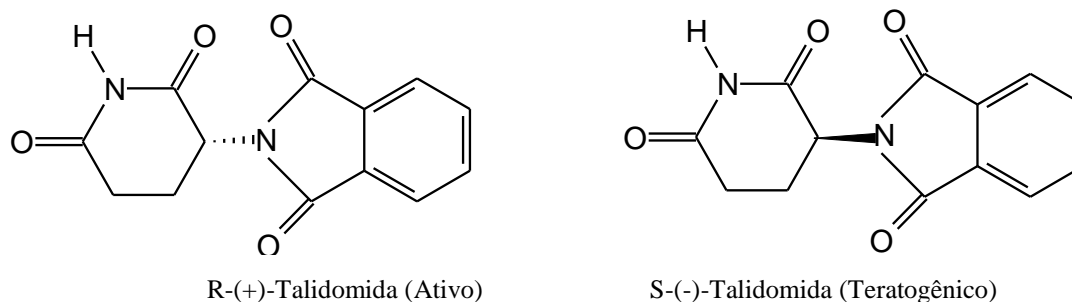


Fonte: o próprio autor.

Apesar de em determinados momentos a atividade de um enantiômero não poder ser comprometida pela presença do outro, em certos casos, ela pode minimizar, inibir ou causar

um efeito totalmente diferente do almejado. Por exemplo, na década de 1960, quando administrado a gestantes, para combater enjoos matinais, o fármaco talidomida (figura 13) causou a má formação de milhares de fetos, comprometendo o desenvolvimento braços e ou pernas. Descobriu-se que apenas o enantiômero *S*, forma levógira, causava a má formação congênita, enquanto que o *R*, o dextrorrotatório, não era diretamente prejudicial (COELHO, 2000)⁴⁰.

Figura 13 - Anomalias de formação causadas pelo enantiômero *S* da talidomida.

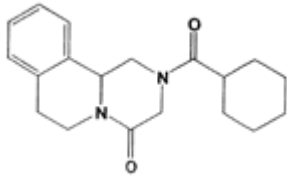
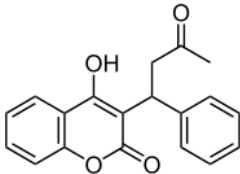
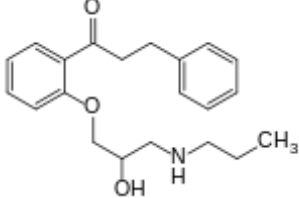


Fontes: <http://antonini.med.br/blog/?p=1812> (Acesso em: 30/06/2012)
http://tribunadonorte.com.br/print.php?not_id=230457 (Acesso em: 30/06/2012)

O caso da talidomida representou uma nova época na indústria farmacêutica, com a implantação e a exigência de um alto excesso enantiomérico nos fármacos. Essa tragédia também estimulou outras áreas da química na busca por métodos sintéticos e analíticos diversificados e mais confiáveis, em consequência da interface cada vez mais estreita que a química passou a ter com a química medicinal (ELIEL; WILEN, 1994). Atualmente, são conhecidos diferentes propriedades farmacêuticas de alguns enantiômeros, como é exemplificado no quadro 2.

⁴⁰ Embora não fosse diretamente prejudicial, comprovou-se que no organismo pode ocorrer uma racemização, na qual o isômero ativo (*R*) se transforma no isômero teratogênico (*S*) (KNOCHÉ; BLASCHKE, 1994).

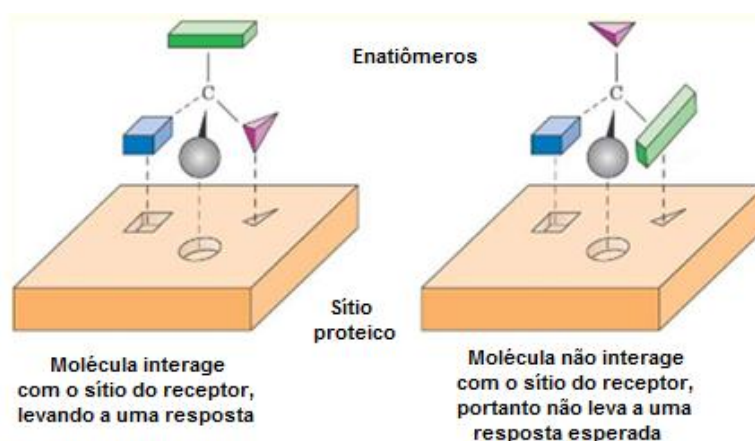
Quadro 2 - Diferenças nas propriedades farmacêuticas de alguns enantiômeros

Substância/Estrutura	Atividade farmacêutica	Propriedades farmacocinéticas e ou farmacodinâmicas dos enantiômeros
Praziquantel 	Anti-helmíntico	A atividade anti-helmíntica é associada principalmente ao (-)-(R)-enantiômero, que também é preferencialmente metabolizado (ANDREWS,1985)
Varfarina 	Anticoagulante	A potência da (-)-(S)-varfarina é 2 a 5 vezes maior que a da (+)-(R)-varfarina (HYNECK <i>et al.</i> , 1990).
Propafenona 	Antiarrítmico	O (+)-(S)-enantiômero possui efeito β -bloqueador cerca de 100 vezes maior que o (-)-(R)-enantiômero (KROEMER <i>et al.</i> , 1994).

Fonte: o próprio autor.

As diferenças nas propriedades biológicas dos enantiômeros se relacionam com as interações estabelecidas com os sítios ativos de moléculas dos organismos, proteínas, DNA, carboidratos e lipídios. Essas propriedades são expressas, por exemplo, em diferentes sabores, odores e metabolização enzimática. Nesses casos, podem existir diferentes interações dos substratos com as macromoléculas quirais, os receptores biológicos. A estereoquímica de um dos enantiômeros pode proporcionar uma interação com receptores protéicos, que desencadeie uma resposta fisiológica distinta. A figura 14 ilustra essa discussão.

Figura 14 - Interações entre enantiômeros e sítios ativos

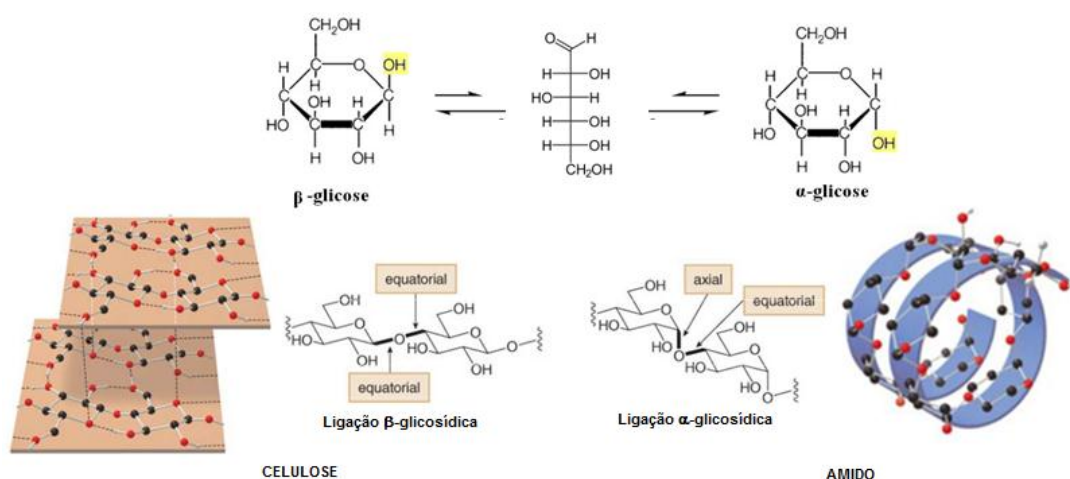


Fonte: <http://www.csus.edu/indiv/s/spencej/Chem%2031/Day%209%20Lecture.pdf> (Acesso em: 30/06/2012)

Vários enantiômeros possuem importantes propriedades biológicas. No entanto, essa característica não é restrita a esse grupo de isômeros. Muitos outros isômeros constitucionais e tantos outros diastereoisômeros também as possuem. Como discutido anteriormente, diastereoisômeros são estereoisômeros que não são enantiômeros.

Muitos diastereoisômeros⁴¹ apresentam mais de um carbono estereogênico em suas configurações. Esse é o caso dos carboidratos, que pode ser exemplificado pela glicose. Duas formas diastereoisoméricas da glicose, a D-glicose e a L-glicose, porém apenas a primeira é produzida na natureza. Em solução, a glicose existe como um equilíbrio de uma mistura de isômeros, na qual duas estruturas cíclicas diastereoisoméricas (α -glicose e β -glicose) apresentam maiores estabilidades. Por meio da união desses tipos diastereoisômeros são biossintetizados nos vegetais duas importantes substâncias: a celulose e o amido (figura 15).

Figura 15 - Formas diastereoisoméricas da glicose, que são unidades biopoliméricas do amido e da celulose



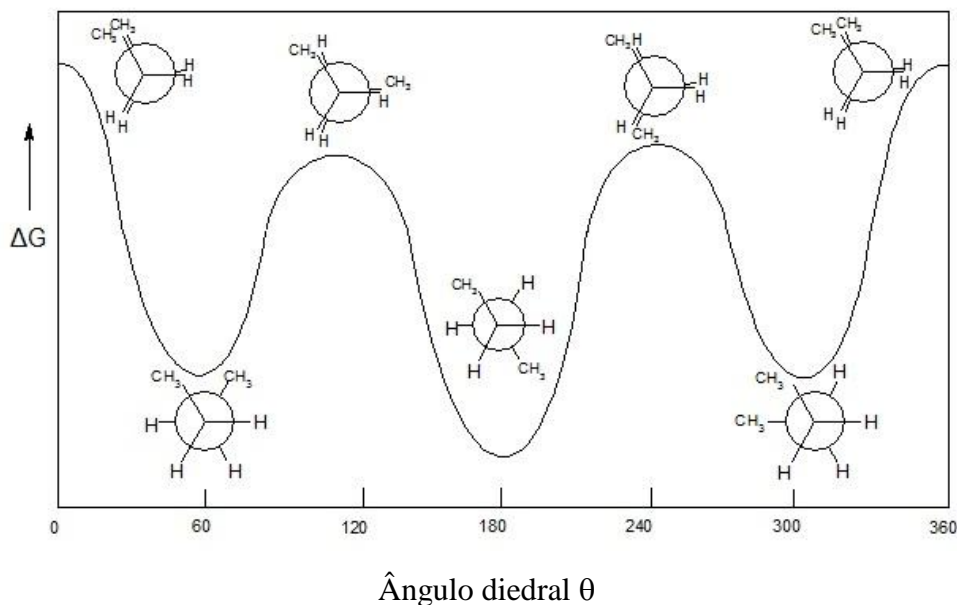
Fonte: Solomons e Fryle (2006).

As estruturas de quaisquer substâncias orgânicas trazem, além dos aspectos constitucionais e configuracionais, uma dependência da conformação que elas podem adquirir. Isso se relaciona a outro tipo de estereoisomerismo, o isomerismo conformacional. Nesse caso, os estereoisômeros, chamados de conformeros ou rotâmetros, interconvertem-se exclusivamente por rotações em torno de ligações simples. Portanto, os isômeros conformacionais se distinguem dos isômeros configuracionais. Os isômeros conformacionais existem em um equilíbrio dinâmico, no qual uma barreira energética de rotação deve ser

⁴¹ O termo diastereoisômero não existia até o início do século XX, quando é utilizado, em 1907, na segunda edição do livro texto de química orgânica editado por Victor Meyer e por seu estudante Paul Jacobson (MISLOW, 2002a,b).

superada para a interconversão ocorrer. A diferença entre as estabilidades dos conformeros é exemplificada na análise conformacional para o n-butano (figura 16).

Figura 16 - Conformações para o butano



Fonte: Solomons e Fryle (2006).

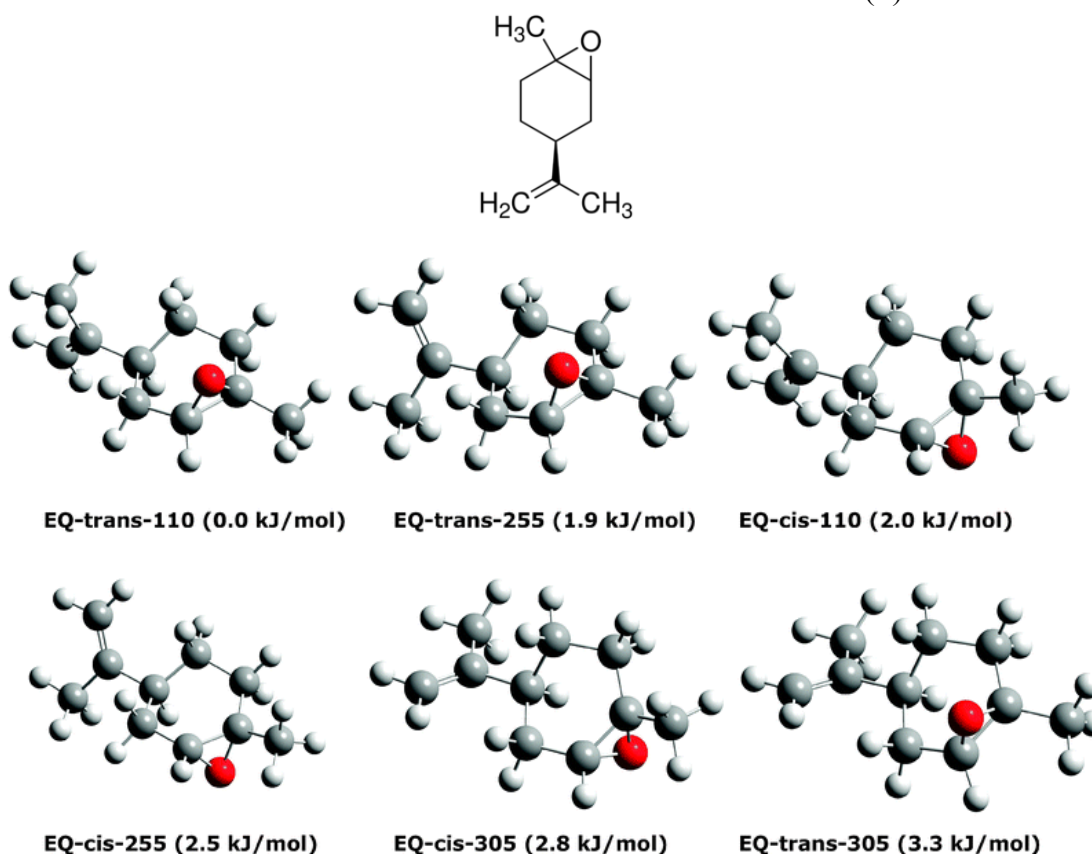
Credita-se que a ideia de isomerismo conformacional tenha partido de Hermann Sachse (1862-1893), ao publicar em 1890, em linguagem matemática, as instruções para representar em um pedaço de papel duas formas do ciclohexano, as duas formas cadeira. Incompreendido, o seu trabalho só voltou à tona em 1918, quando Ernst Mohr utilizou uma nova técnica à época: a cristalografia por raios-x (RAMBERG, 2001). Nas décadas seguintes, diferentes pesquisadores contribuíram para a compreensão desse assunto, notadamente o químico britânico Derek Harold Richard Barton (1918–1998) e o físico-químico norueguês Odd Hassel⁴² (1897–1981) (CAREY, 2011). Os seus estudos demonstraram que as propriedades químicas e físicas de uma molécula podem ser interpretadas em termos de uma conformação preferida e que as moléculas são tri-dimensionais, ou seja, elas não existiam em apenas um plano, como se pensava.

A rotação das ligações simples na grande maioria dos isômeros conformacionais é tão rápida que não permite o isolamento de muitas dessas espécies (ELIEL; WILEN, 1994). Nesses casos, os estudos sobre os equilíbrios dinâmicos entre os conformeros geralmente são associados à química computacional. Algumas vezes, eles são acompanhados por análises feitas a temperaturas muito baixas. Nos casos em que algumas rotações são restringidas, há

⁴² Barton e Hassel foram vencedores do prêmio Nobel por seus trabalhos nesse campo.

isômeros conformacionais que podem ser detectados por períodos mais longos, como conformeros protéicos e derivados de ciclohexano. Um exemplo que ilustra essa discussão é dado pela análise conformacional do *S*-(-)- óxido de limoneno, que é um metabólito secundário dos vegetais (um terpenóide) e um produto atmosférico poluente, resultante da oxidação de outros terpenos. Para essa substância, cálculos teóricos revelam a existência de dois conformeros, que são dependentes das posições do grupo isoprenil (axial e equatorial), e de doze rotâmeros (seis equatoriais e seis axiais), sendo os equatoriais mais estáveis (figura 17). No entanto, apenas cinco dos rotâmeros puderam ser detectados experimentalmente em fase líquida (GONZÁLEZ *et al.*, 2009).

Figura 17 - Rotâmeros teoricamente mais estáveis do conformero do *S*-(-)-Limonene óxido

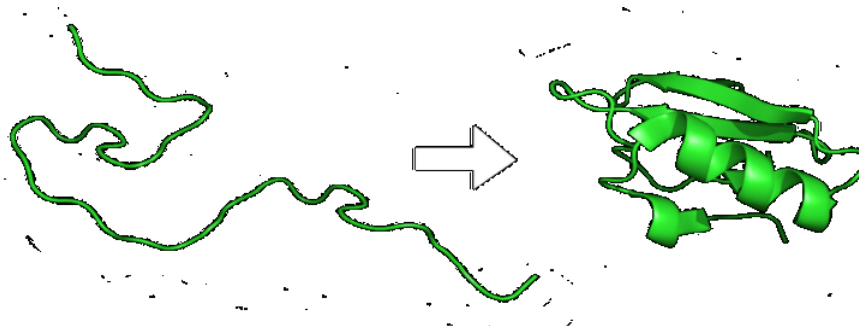


Fonte: GONZÁLEZ *et al.* (2009).

A análise conformacional, ou seja, o estudo das barreiras energéticas entre os rotâmeros se tornou uma importante estratégia no planejamento de síntese orgânica e na análise de mecanismos de reações, sendo fundamental para a compreensão de processos naturais, como as atividades das enzimas. Por exemplo, os conformeros protéicos resultam do dobramento das proteínas em um processo físico-químico. A partir de uma espiral aleatória, as dobras do polipeptídeo adquirem a sua estrutura tridimensional, assumindo a sua forma

funcional ou conformação, segundo é mostrado na figura. Pode-se compreender esse processo como uma mudança na estrutura protéica, de primária à terciária e quaternária, como é indicado na figura 18.

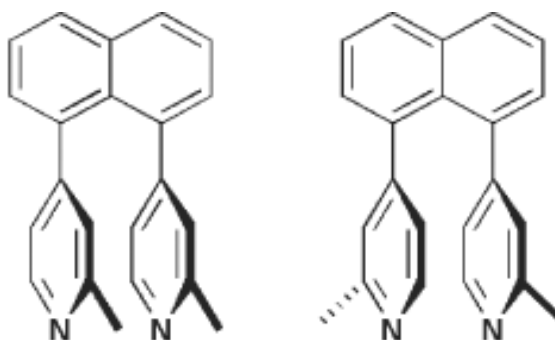
Figura 18 - Proteína antes e depois do dobramento



Fonte: Solomons e Fryle (2006).

Há também isômeros conformacionais em que a rotação livre em torno de uma ligação simples é impedida, produzindo uma barreira energética suficientemente elevada, de modo a permitir o isolamento ou simplesmente a detecção dos diferentes rotâmeros, que são chamados de atropoisômeros⁴³ (FRAGA *et al*, 2007; FUJITA, 2004), conforme exemplificado na figura 19.

Figura 19 - Representação estrutural de um exemplo atropoisômeros



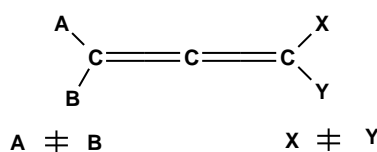
Fonte: o próprio autor.

O fenômeno do atropoisomerismo foi observado pela primeira vez em 1922, após a resolução de atropoisômeros que não se mostraram interconvertíveis à temperatura ambiente (CHRISTIE; KENNER, 1922). Os atropoisômeros (do grego *atropos*, sem rotação) exibem um tipo de isomeria axial. Ela é caracterizada pela atividade ótica resultante de um arranjo não-planar de quatro grupos (em dois pares) sobre um eixo de quiralidade. Logo, esse tipo de

⁴³ Em SANTOS *et al* (2007) há uma importante discussão sobre o atropoisomerismo mostrando o efeito da quiralidade axial em substâncias bioativas.

substância não necessita apresentar carbono estereogênico como elemento de quiralidade. Portanto, há moléculas que são assimétricas mesmo sem apresentarem um centro estereogênico, como um carbono estereogênico, conforme visto com os atropoisômeros e como também ocorre com alguns alenos (alcadienos cumulados). Os compostos alênicos (derivados do aleno, alcadieno mais simples) apresentam também isomeria axial ótica desde que haja dois radicais diferentes ligados a cada um dos carbonos da extremidade (figura 20).

Figura 20. Condição para que compostos alênicos apresentem isomeria ótica



Fonte: o próprio autor.

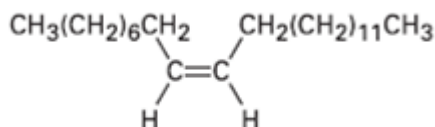
Além de aspectos conformacionais, o impedimento de rotação da ligação sigma carbono-carbono também pode está ligada a aspectos configuracionais. A presença de um anel alicíclico (não aromático) ou de uma ou mais de uma ligação C=C pode criar condições para que haja esse tipo isomeria, a depender do tipo de constituintes ligados aos átomos que constituem essas regiões. Isso pode resultar na possibilidade de outro tipo de estereoisomeria, que pode ser do tipo *Z-E*, ou de um tipo mais particular, conhecido como isomeria *cis-trans*. Ao longo de muito tempo o termo “isômeros geométricos” foi utilizado para designar esse tipo de estereoisomerismo, porém, atualmente, é considerado obsoleto e tem seu uso fortemente desencorajado pela IUPAC (1997).

Os isômeros *Z-E* apresentam diferentes propriedades físicas, como temperaturas de fusão e de ebulição, índices de refração, solubilidades e densidade. Em consequência disso, podem ser separados um do outro pela aplicação de um método físico. Por exemplo, ambos isômeros do ácido butenodióico, maleico e fumárico (ver figura 1), são sólidos brancos. No entanto, eles possuem propriedades físicas diferentes. O ácido fumárico, o isômero *trans*, é mais estável que o ácido maléico, o isômero *cis*. Por isso, ele apresenta temperatura de fusão e densidade maiores. O ácido fumárico realiza ligações de hidrogênio intermoleculares, enquanto que o ácido maléico faz ligações de hidrogênio intramoleculares. Além disso, a solubilidade do ácido fumárico é 0,63 g/100 mL de água, enquanto o ácido maleico é 78 g/100 mL.

As propriedades químicas são, em geral, semelhantes, por apresentarem estruturas semelhantes, nas quais os possíveis grupos funcionais possuem as mesmas localizações. Em relação às propriedades biológicas, assim como outros isômeros, os isômeros *Z-E* podem

exibir efeitos bem distintos. Esse é o caso da muscalure (figura 21), *Z*-9-tricoseno, que é feromônio sexual da mosca doméstica (*Musca domestica*) e, por isso, usado em armadilhas para prender moscas. O seu isômero *E* não possui essa atividade biológica.

Figura 21 - Estrutura da muscalure, um estereoisômero *Z*



Fonte: o próprio autor.

As propriedades das substâncias isoméricas também geram um interesse em termos de suas reatividades. A partir do desenvolvimento da teoria estrutural, foi possível desenvolver e compreender diferentes reações nas quais participam e/ou são produzidos isômeros. Entre tais reações, algumas têm recebido um interesse mais especial, como as reações regioseletivas e nas reações estereoespecíficas e nas resoluções estereosseletivas. Esses tipos de reações destacam uma das fronteiras da química orgânica: a síntese assimétrica, que objetiva a obtenção exclusiva ou preferencial de um estereoisômero (PINHEIRO; FERREIRA, 1998).

As abordagens utilizadas em síntese assimétrica incluem os usos de substratos quirais e de substratos pró-quirais, com os quais se utilizam em propostas sintéticas os auxiliares, os reagentes e/ou os catalisadores quirais. Essas reações têm tido grande destaque, principalmente, para a síntese de fármacos e de substâncias, ou de seus análogos, reforçando a importância da relação estrutura química-propriedades nas substâncias, particularmente nas substâncias isoméricas.

Diferentes tipos de isômeros ainda têm sido continuamente reconhecidos experimentalmente tanto na química orgânica quanto na química inorgânica. No entanto, na maioria dos casos, são substâncias com baixíssimas estabilidades e detectadas apenas em condições instrumentais extremamente controladas. Casos desse tipo contribuem para o surgimento de novas controvérsias em torno da isomeria, como acontece com os *bond-stretch* isômeros (“isômeros de comprimento de ligação”) (LABINGER; WEININGER, 2004). Esse tipo de isomerismo tem sido anunciado por alguns pesquisadores como um fenômeno existente na química de coordenação, no qual dois isômeros de um complexo metálico diferem apenas no comprimento de uma ligação química. Porém, outros pesquisadores discordam desse ponto-de-vista e questionam os dados experimentais fornecidos.

A quantidade de diferentes tipos de isomeria anunciadas mediante experimentos realizados em condições extremamente controladas, geralmente envolvendo temperaturas

muito baixas, e com períodos de existência extremamente curtos das espécies produzidas tem levado a critérios experimentais definidos e de métodos de observação nas conceituações de isomerismos (SLANINA, 1981). Baseando-se nessas condições, propõe-se que: isômeros são espécies químicas individuais, com a mesma fórmula molecular e estruturas diferentes, que apresentam pelo menos alguma propriedade físico-química diferente, e são estáveis por longos períodos de tempo, em comparação com aqueles durante os quais as medições de suas propriedades são realizadas (MISLOW, 2002).

A compreensão do isomerismo ao longo da história da química moderna está associada algumas propostas para estabelecer um conceito que levasse à identificação de isômeros e explicasse tanto as suas manifestações em termos de substâncias diferentes quanto nas propriedades exibidas. No quadro 3, indicam-se as características associadas às principais definições, que generalizam o conceito de isômeros.

Quadro 3 - Diferentes definições de isômeros

Concepção	Características necessárias e suficientes apontadas	Relação fenomenológica incorporada ao conceito
Berzeliana	Composição química idêntica (fórmula empírica)	Propriedades diferentes
Butleroviana	Composição química idêntica e estruturas químicas diferentes	Propriedades diferentes
IUPAC	Composição química idêntica e estruturas químicas diferentes	Propriedades potencialmente diferentes
Termodinâmica	Composição química idêntica e estruturas químicas diferentes	Pelo menos uma propriedade físico-química diferente Estabilidade superior às condições de detecção/medição de propriedades

Fonte: o próprio autor

A interpretação das propriedades de uma determinada substância requer o estabelecimento de relações com a sua estrutura, ao nível submicroscópico, pela utilização de modelos e teorias nas explicações necessárias à compreensão de fenômenos e de processos. Essas propriedades determinam as aplicações dos materiais que elas constituem e podem ser analisadas experimentalmente. Porém, como ressaltam Núñez e Silva (2009), os conhecimentos químicos permitem não apenas explicar as propriedades das substâncias a partir das análises das estruturas químicas. Considerando as necessidades de aplicações, também é possível planejar e construir materiais com determinadas especificidade a partir das características de uma dada estrutura química.

As propriedades das substâncias derivam, de modo unitário, dos tipos de ligações existentes entre os átomos, do modo como esses átomos se arranjam e das interações

existentes entre as estruturas químicas das suas moléculas. Essa relação unitária contribuirá para os aspectos termodinâmicos, relacionados às estabilidades energéticas, e para os aspectos cinéticos. Em moléculas mais complexas, essas interações unitárias podem levar a novas exigências para compreensão das propriedades exibidas, que levem à necessidade de interpretações com o uso de outros tipos de modelos, como a mecânica quântica.

Diferentes teorias e modelos foram desenvolvidos ao longo da história da química. Esse processo materializa o esforço humano para se dotar de um referencial para instrumentalizar a identificação e síntese de substâncias, e a explicação das suas propriedades. A formulação de uma teoria estrutural para a química orgânica foi fundamental nesse processo. Atualmente, apesar de também ganharem um tratamento químico-matemático, baseado na mecânica quântica, o modelo teórico-estrutural mantém-se efetivo para compreensão de muitos fenômenos e processos relacionado às substâncias orgânicas, particularmente às substâncias isoméricas.

A generalização contida no conceito de isômeros indica que, para qualquer caso típico de isomerismo, independentemente do tipo e das condições de análise, a composição química idêntica e a diferença na estrutura química implicará em pelo menos uma propriedade físico-química diferente. Conhecendo-se essa essência é possível compreender os diversos casos de isomeria e explicar as suas propriedades. Em alguns momentos essas explicações podem ser mais facilmente realizadas, por causa das simplicidades e/ou semelhanças estruturais entre os isômeros. Já em outros, elas podem ter um grau de dificuldade maior, por causa das complexidades das estruturas envolvidas. De todo modo, assim como ocorre, de modo geral, com as demais substâncias, as propriedades dos isômeros podem ser explicadas dentro de uma relação causa-efeito, como resultante das possíveis interações proporcionadas por suas estruturas químicas. Esse tipo de relação é tomada pelo Enfoque Histórico-Cultural em relação à habilidade explicar.

3.3 A HABILIDADE EXPLICAR E A EXPLICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICA

Aprendizagem em ciências é uma atividade que não se limita à assimilação de conceitos. Como indicam Pozo e Gómez-Crespo (1998), ela também envolve a aprendizagem de procedimentos pelos quais se aprendem e se usam os conceitos científicos. Essa característica destaca a importância das habilidades, como um modo de dominar

procedimentos, que indiquem a compreensão entre o “fazer ciências” e o “falar das ciências” (NÚÑEZ; SILVA, 2008).

A ciência é uma atividade humana que tem se desenvolvido ao longo dos séculos por meio de pessoas e de grupos interessados em explicar o mundo natural, elucidando os porquês dos fenômenos biológicos, físicos e químicos. Na ciência, um fato e sua correta explicação são inseparáveis (CONCARI, 2001). A comunidade científica considera que o conhecimento científico é uma forma de acesso ao mundo, outorgando-lhe sentido e procurando explicá-lo.

A necessidade da elaboração e uso de explicações de conceitos científicos no ensino-aprendizagem de ciências naturais exemplifica a exigência do domínio da habilidade explicar, uma habilidade cognitivo-linguística. Além de saber utilizar o conhecimento científico, o “saber explicar” envolve o uso de outras habilidades, pois, quando se explica se explica algo e este algo precisa necessariamente da utilização de outras habilidades mais gerais, como as habilidades de definir, de descrever, de identificar, de caracterizar e de classificar. Essas habilidades se relacionam e, na sua integração no ensino de ciências, a habilidade identificar ocupa um destaque. Definem-se, descrevem-se, caracterizam-se e classificam-se objetos, que precisam ser identificados.

A habilidade de identificar guarda uma forte relação com a habilidade de explicar. Por exemplo, explica-se fazendo uso de coisas identificáveis ou não. Além disso, muitas vezes, uma identificação se associa à necessidade de se explicar o porquê da escolha de determinado objeto ou de um processo para selecioná-lo.

Por causa das semelhanças e diferenças entre as características dos objetos, fenômenos, feitos ou processos em análise, também há uma relação bastante estreita entre a habilidade de identificar e outras habilidades gerais. Por exemplo, para saber identificar é preciso usar procedimentos usados na definição e na comparação. Assim, além de enriquecer a capacidade de síntese dos estudantes, a habilidade de identificar contribui para a sistematização dessas outras habilidades gerais. Com base nas propostas de autores que utilizam o enfoque histórico-cultural, como Núñez e Ramalho (2012; 2011), Talízina (1988, 1987), sistematizou-se no quadro 4, mostrado a seguir, as características de algumas das habilidades associadas ao domínio da habilidade explicar.

Quadro 4 - Características de algumas habilidades necessárias ao domínio da habilidade explicar

Habilidade	Definição
Definir	É expressar verbalmente o conceito mediante as características ou propriedades essenciais dos objetos e fenômenos assim como os nexos e relações entre eles, ou seja, as características e relações que distinguem o objeto ou fenômeno de todos os demais objetos. A definição de conceitos contribui para sistematizar, consolidar e aperfeiçoar as habilidades associadas ao nível de familiarização, como a categorização, a identificação e a classificação. A habilidade de definir também contempla a possibilidade de ir se desenvolvendo a capacidade do estudante realizar a operação de síntese.
Identificar	É estabelecer a identidade de um objeto com base nas características necessárias e suficientes para que ele seja o que é. A identificação se expressa por meio de um conceito, auxiliando na sua sistematização.
Comparar	Corresponde ao destaque das semelhanças e diferenças, ou seja, à determinação de padrões de comparação na dependência do objetivo específico proposto. O domínio desta habilidade pluraliza a análise, pois envolve maior rapidez e dinamicidade da observação e definição, aumentando a automatização com que se executam essas ações.
Caracterizar	É singularizar, individualizar, particularizar, ou seja, determinar exatamente as características do objeto de estudo que permitem diferenciá-lo dos demais.
Classificar	É agrupar dividindo os objetos, fenômenos, feitos ou processos tantas vezes quanto se encontre diferenças entre eles, pois cada uma dessas diferenças traz a possibilidade de ser adotada como um critério de classificação.

Fonte: o próprio autor

A identificação é a inclusão de objetos em um determinado conceito, mediante as propriedades necessárias e suficientes⁴⁴ (TALÍZINA, 1998). A identificação utiliza um procedimento que exhibe o movimento da lógica do geral ao particular e do particular ao geral (DAVIDOV, 1983). Para saber identificar é preciso estabelecer a relação de pertinência de um ou mais objetos ao conceito dado, tendo como base orientadora da ação as características necessárias e suficientes (RIBEIRO, 2008; RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997). Por isso, é preciso reconhecer as características necessárias e suficientes do conceito, que são generalizadas nesses objetos. Desse modo, o domínio da habilidade identificar também faz uso de uma estratégia lógica que envolve a comparação e a definição de conceitos, onde se deve tomar consciência da estrutura lógica do conceito, para que se evite cometer o erro típico de se proceder a identificação com base em qualquer característica.

No ensino de conceitos estruturantes de química orgânica é possível verificar diferentes problemas decorrentes da limitação da lógica da identificação. Especificamente em relação ao conteúdo isomeria, ao comparar se diferentes substâncias são isoméricas, muitos

⁴⁴ Esse termo parte das discussões de Talízina (1988) quanto à lógica das propriedades essenciais. Ela aponta as propriedades essenciais como necessárias para a inclusão de um ou mais objetos em um determinado conceito, mas que existem propriedades nem sempre essenciais que são suficientes para a identificação dos objetos.

estudantes e licenciandos em química, orientam-se pelas características sensoriais, visuais, presentes nas representações estruturais. Com isso, eles não utilizam operações para estabelecerem se nesses objetos há as características necessárias e suficientes, visando-se incluí-los, ou não, no conceito. Esse tipo de associação se baseia na lógica da aprendizagem formal, em que o trabalho do estudante se realiza em um modelo sem classe definida por um conjunto de propriedades necessárias e suficientes, executando-se por aproximações com um maior número de características semelhantes (POZO, 2000). Na perspectiva do Enfoque Histórico-Cultural, conforme assumido neste estudo e detalhado no próximo capítulo, a formação de conceitos se baseia na lógica dialética. A estrutura do conceito é definida por um conjunto de propriedades necessárias e suficientes, que corresponde a se considerar o conteúdo e a totalidade de objetos pertencentes a determinado conceito (NÚÑEZ; RIBEIRO, 2004).

As propriedades necessárias e suficientes do conceito estão vinculadas a uma determinada estrutura, que pode ser de três tipos: conjuntiva, disjuntiva, conjuntiva-disjuntiva (RIBEIRO, 2008; RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997). No caso da identificação de isômeros, essa estrutura é do tipo conjuntiva. Na estrutura conjuntiva, o conjunto das propriedades necessárias e suficientes precisa estar presente na atividade de identificação (TALÍZINA, 2000). Desse modo, interligadas pela conjunção “e”, as propriedades necessárias e suficientes do conceito são utilizadas de forma complementar. Portanto, há uma resposta negativa, uma não-pertinência, quando um objeto deixa de pertencer a determinado conceito, pois uma das propriedades das suas propriedades está ausente. Assim, isoladamente nenhuma delas permite o reconhecimento de qualquer objeto. Por isso, isômeros possuem mesma composição química e estruturas diferentes.

A identificação envolve o procedimento de se operar com a definição do conceito, de modo a se estabelecer, no objeto, a presença ou ausência total do conjunto de características necessárias e suficientes que entram na sua definição (NÚÑEZ, 2009). Talízina (1988, 1987) considera que a estrutura da habilidade identificar implica no seguinte conjunto de ações a serem apropriadas pelo sujeito:

- Destacar o conceito no qual se pretende incluir um ou outro objeto;
- Estabelecer em que condições um objeto pode pertencer ao conceito;
- Estabelecer se o objeto dado tem ou não o sistema de propriedades necessárias e suficientes do conceito.

A apropriação dessa lógica deve ser realizada por meio de tarefas, dentro de situações de ensino, para que o estudante compreenda as propriedades necessárias e suficientes, saiba

diferenciá-las das propriedades não-essenciais e realize a operação de inclusão. Essa operação é efetuada com cada uma das características do conjunto das propriedades necessárias e suficientes do conceito (RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997). Inicialmente, é preciso que o sujeito observe se o objeto a possui. A situação é positiva caso ela esteja presente, e o sujeito da ação será orientado a continuar as operações até examinar todas as propriedades necessárias e suficientes. Porém, na formação de conceitos, o processo de identificação não deve se limitar destacar propriedades necessárias e suficientes para incluir objetos de determinada classes. Como discutem Núñez e Ribeiro (2004), ensinar nessa perspectiva se associa a um plano didático para orientar o estudante a atribuir significado ao novo conceito.

As escolhas realizadas pelos estudantes no processo de identificação precisam ser verbalizadas. Isso destaca o caráter relacional entre a habilidade identificar e a habilidade explicar, que faz uso do procedimento de explicação, inserido em um amplo contexto de linguagem.

O termo explicação é polissêmico, levando-o a diferentes possibilidades de concepções. No senso comum, o significado de explicação é entendido como “algo que dá conta”, “uma definição”, “dar uma justificativa”, “esclarecer o significado de uma palavra” ou “responder a um por que” (EDER; ADÚRIZ-BRAVO, 2008; LIRA, 2010). Adicionalmente, é comum associar o termo à ideia de que explicar é meramente elucidar algo ainda não entendido. Porém, as explicações científicas adquirem outro significado.

Uma explicação científica em ciências naturais pode ser vista tanto a partir de uma perspectiva epistemológica quanto de uma didática. De acordo com Eder e Adúriz-Bravo (2008), a primeira permite fazer considerações nos contextos de inovação e ensino de ciências naturais, enquanto que a aproximação didática se volta ao ensino do procedimento cognitivo-linguístico de explicar.

Os filósofos da ciência e cientistas têm debatido ao longo dos anos sobre a natureza das explicações científicas. Brewer *et al.* (1998) colocara que nas últimas quarenta décadas do século passado as ideias divulgadas pela comunidade científica convergem para um sentido em que: explicações científicas (i) fornecem uma estrutura conceitual para o fenômeno; (ii) vão além do fenômeno original; (iii) integram uma gama de fenômenos; (iv) mostram como o fenômeno original segue da estrutura; (v) proporcionam um sentimento de entender; e (vi) devem ser testáveis. Esta última exigência, a da testabilidade, pode ser considerada como um requisito que deriva da revolução científica, atrelando-a a uma visão positivista da ciência. No entanto, há outras concepções sobre o que é ou deva ser uma explicação científica. Por exemplo, para Brewer, Chinn e Samarapungavan “uma explicação é um relato que fornece

uma estrutura conceitual para um fenômeno (por exemplo, fato, lei, teoria) que leva a um sentimento de entendimento no leitor/ouvinte. A estrutura conceitual explanatória vai além do fenômeno original, integra diversos aspectos do mundo, e mostra como o fenômeno original decorre da estrutura” (BREWER; CHINN; SAMARAPUNGAVAN, 1998, p. 120).

As explicações científicas dependem das opiniões, teorias e visões de mundo daquele que propõe a explicação e cujos comportamentos organizam a história (MARTINS *et al.*, 1998). Para se explicar algo é necessário ter construído determinadas associações do mundo da ciência e utilizá-las de forma que não só se dê sentido ao que se deseja ensinar, mas que, além disso, seja entendido por outros. No entanto, uma explicação científica permite a compreensão de um fenômeno, um feito ou um comportamento, mas sem modificar o seu valor epistemológico. Dessa forma, os sujeitos devem ter consciência do significado dos termos das teorias que utilizam para explicar. Ogborn *et al.* (1997) comparam uma explicação científica a um *iceberg*, onde para se explicar a parte visível (a parte emergente, ou seja, o que se vê do “mundo”) é preciso se conhecer a parte submersa, que frequentemente é muito maior. Por isso, para se poder dar uma explicação é necessário se utilizar do que a ciência tem construído ao longo dos séculos, do conhecimento socialmente construído.

Para Leinhardt (1988, p. 56-57), “[...] o coração de cada episódio do ensino é a explicação de uma idéia ou fenômeno independentemente do tipo de ensino; a construção de uma explicação é fundamental no processo de aprendizagem”. Conforme apontam Núñez e Ramalho (2011), as explicações são uma forma mediadora da comunicação, materializada em discurso construído a partir da linguagem verbal. Nas ciências e no ensino de ciências, ela requer o uso de ações para diferenciar o fenômeno da sua essência, conectando a situação final e a inicial do fato apresentado, por meio de diversas relações causa-efeito. Gilbert *et al.* (2004) classifica as explicações em cinco tipos: i) intencional, na qual se pergunta “Por quê?”, ou seja, solicita-se uma explicação ao problema a ser respondido; ii) descritiva, na qual se deseja saber “Como se comporta o fenômeno explicado?”; iii) interpretativa, quando se deseja conhecer “Qual é a composição do fenômeno?”; iv) causal, ao se buscar respostas para “Por que o fenômeno se comporta dessa forma e não de uma outra?”; e v) preditiva, no sentido de “Como se deve comportar um fenômeno em outras circunstâncias?”.

As explicações sobre como algo acontece ou porque acontece de um determinado modo são muitas vezes respondidas por meio de relações de causa-efeito (STRAWSON, 2002). Essas explicações causais são as mais frequentes tanto no cotidiano quanto na física e na química. No entanto, as explicações do cotidiano normalmente estão calcadas nas concepções espontâneas, ou seja, sem uma base científica. Esse tipo de comportamento

também está presente nas salas de aulas. Usualmente se depara com o problema da incompatibilidade entre o nível explicativo utilizado pelo estudante e o que dele se espera, justamente porque ele utiliza explicações baseadas no senso comum.

Martins *et al*, (1999) atentam para o fato de que as explicações científicas utilizam “entidades” ontológicas cujas propriedades e tendências “produzem” os fenômenos. Portanto, se o estudante não conhece essas propriedades, as suas explicações podem ser utilizadas apenas para dar respostas memorísticas ao esperado pelo professor, reproduzindo as expressões socializadas em sala e/ou às disponibilizadas no livro didático. Nesse sentido, como alertam Núñez e Silva (2008) uma explicação não significa a reprodução de uma “explicação-pacote”, pois ela é um processo cognitivo-afetivo, que mobiliza de forma dinâmica o saber científico apropriado pelos estudantes para comunicar as razões que justificam a existência de um fenômeno ou processo. Porém, conforme relembram Madrazo, Carrazana, e Miranda (2005), é preciso atentar que para o estudante é difícil diferenciar entre o nível dos fatos que deve explicar e o nível do referencial teórico a ser utilizado na sua argumentação.

Abordando as interações discursivas no ensino-aprendizagem de ciências, Mortimer (2000) discute que as explicações podem ser caracterizadas como “empíricas” ou “teóricas”. Assim, as que se utilizam de referenciais (constituintes ou propriedades de um sistema ou objeto) diretamente observáveis são caracterizadas como empíricas. Já as que utilizam referentes não diretamente observáveis, mas que são criados por meio do discurso teórico das ciências, como no caso de modelos para a matéria, são caracterizadas como teóricas. No entanto, seja empírica ou teórica, uma explicação científica envolve o uso de algum modelo teórico ou mecanismo para se referir a um fenômeno ou sistema específico.

A linguagem verbal exerce um papel primordial na formulação das explicações. Por isso, os professores têm a tarefa de auxiliar os estudantes nas formas próprias da linguagem científica, tanto dos conhecimentos quanto das necessidades linguísticas para expressão dos seus argumentos explicativos; no caso da química, utilizando-se a linguagem própria dessa ciência. Ao discutirem a importância da explicação no ensino de química, Núñez e Silva afirmam que, quimicamente, “Explicar é contar como moléculas, átomos, elétrons (entre outras espécies químicas) atuam, representando um fenômeno ou acontecimento. Dessa forma, os estudantes aprendem a usar os conceitos e as teorias, a pensar com as espécies químicas” (NÚÑEZ; SILVA, 2007). Ao aprender a explicar, o estudante passa a dominar e exibir as qualidades de um objeto ou fenômeno químico, tendo como base uma teoria ou modelo da química.

A elaboração de explicações é uma tarefa com um elevado grau de desafio para os estudantes. Por isso, elas devem ser realizadas por meio de um processo gradual, dentro de circunstâncias variadas e contínuas. Ogborn *et al.* (1997) apontam algumas condições que devem ser geradas para o processo de explicação: i) a criação de diferenças (de conhecimento, opinião, interesse ou expectativas entre participantes) na motivação das explicações; ii) a construção discursiva das entidades que tomam parte nas explicações; iii) as transformações, transposições e recontextualizações do conhecimento científico; iv) a atribuição de significação ao que é material. Observações desse tipo revelam a importância do professor em propor atividades para desenvolver a habilidade explicar e, ao mesmo tempo, reforçam os cuidados que devem ser tomados no processo de ensino-aprendizagem para formá-la.

A formulação de uma explicação deve estar centrada dentro de determinado contexto que indique o tipo de respostas que se desejam (SCHUSTER, 1982). Por isso, os professores devem ensinar os estudantes a formularem as explicações, via o desenvolvimento da habilidade explicar, que deve ser vinculada a estratégias didáticas concebidas à luz de referenciais teóricos.

Os autores que se baseiam no enfoque histórico-cultural demonstram uma convergência em associar uma explicação ao estabelecimento de relações causais, ou seja, explicar é produzir argumentos de forma ordenada, também, seguindo uma relação causa-efeito (NÚÑEZ; SILVA; 2007). Considerando-se fenômenos, leis e categorias estudados, busca-se dar respostas às possíveis perguntas: Como? Por quê? Para Quê? O quê?

A explicação se constrói a partir da relação entre o observável (o fenômeno) e o não-observável (a essência), que, como teoria-modelo, fornece uma resposta, ao se argumentar o porquê do fenômeno acontecer. De acordo com Bermúdez e Rodríguez (1996), a explicação é a formulação, a exposição aos outros, de como surge e transcorre um processo, um fenômeno, devido a que causas e em quais condições. Sobre este aspecto, esse autor destaca que, deve-se ter em conta que o movimento desde a consequência até a causa não se realiza em um só sentido. Assim, um mesmo tipo de fenômeno pode ter várias causas, por isso, deve-se considerar que a relação causa-consequência depende do sistema de relações assumidas.

Considerando-se as exposições realizadas, com base no referencial teórico assumido, observa-se que a habilidade de explicar não se localiza em um nível reprodutivo. Portanto, distancia-se de quaisquer processos puramente memorísticos. Além disso, como a habilidade explicar se trata de uma habilidade cognitivo-lingüística, a argumentação é a base da explicação.

O Enfoque Histórico-Cultural tem enfatizado a importância da linguagem na aprendizagem, conseqüentemente no desenvolvimento de habilidades, com destaque para as habilidades cognitivo-linguística no desenvolvimento humano. Vigotski (2006, 2002, 1996) considera que os processos mentais (funções psicológicas superiores) têm sua origem e desenvolvimento nas práticas comunicativas. Nessas práticas a linguagem, principalmente a fala, é a ferramenta fundamental. As complexas relações entre pensamento e linguagem conectam-se com um contexto social e cultural determinado, ou seja, o das relações interpessoais. Seguindo a terminologia vigotskiana, é na relação entre o plano interpsicológico da atividade humana como o intra-psicológico do sujeito que as explicações são produzidas.

A habilidade explicar também guarda similaridades com as habilidades de justificar e de descrever. Discutindo o tema explicação no ensino-aprendizagem de química Núñez (2011) chama atenção para as dificuldades de muitos estudantes em não saberem diferenciar a explicação da descrição e da justificativa. No entanto, esses autores fazem uma distinção entre os mesmos, colocando que: **justificar** é argumentar utilizando um *corpus* de conhecimento ou de uma teoria por que o fenômeno é produzido dessa forma e não de outra; **descrever** é produzir enunciados para enumerar qualidades, propriedades, características etc. de um objeto ou fenômeno; uma descrição responde à pergunta: “Como é?”.

Direcionando as concepções do Enfoque Histórico-Cultural para o ensino das ciências naturais, Núñez e Silva (2008) consideram que explicar implica em se produzir argumentos de forma ordenada para se estabelecer uma relação causa-efeito, relacionando o observado (fenômeno) com as causas que o explicam (modelo teórico). Para esses autores, explicar é produzir argumentos de forma ordenada, seguindo uma relação causa-efeito, procurando razões que justifiquem por que o fenômeno é produzido de uma determinada forma e não de outra. Discutindo esse aspecto no ensino-aprendizagem de química, Núñez (2011) propõe que o explicar deve estar relacionado a algumas ações, conforme apresentadas a seguir.

- Criar diferenças entre o fenômeno e a essência.
- Construir entidades ou definir as entidades que configuram a essência. Enquanto teoria ou modelo, a essência do fenômeno, é organizada a partir de um conjunto de entidades (conceitos, categorias, termos etc.) necessário para construir a explicação.
- Transformar o conhecimento científico em uma narrativa, na qual as entidades químicas possibilitem uma narrativa coerente, relativa ao sentido da teoria ou modelo da ciência.

- Atribuir significado ao que é material, para a compreensão das causas do fenômeno, explicitando as relações entre o mesmo e a teoria ou com o modelo científico, dando-lhe um sentido.

Desse modo, a estrutura da habilidade de explicar pode ser constituída a partir do seguinte sistema de ações: i) relacionar e expressar causa e consequência; ii) aplicar. O sistema de operações dessa habilidade deve se vincular a determinadas condições, relacionadas aos conteúdos químicos trabalhados.

Esse tipo de compreensão para a habilidade explicar foi utilizado por Núñez (BELTRÁN, 1992; NÚÑEZ, 1996 a,b) na formação da habilidade explicar as propriedades das substâncias, com base na teoria de Galperin. Utilizando uma estruturação sistêmica do conteúdo, combinado o enfoque genético e funcional-estrutural, ele formulou uma nova proposta para uma disciplina de química geral, oferecida a futuros engenheiros mecânicos. Orientando o processo na formação dessa habilidade, que atuou como objetivo geral do ensino-aprendizagem, ele desenvolveu um sistema didático e aplicou a proposta para a formação de conceitos, em associação à solução de tarefas, correspondentes com habilidades formada pela teoria de Galperin. Os resultados obtidos no experimento pedagógico destacaram a organização do processo de aprendizagem levando em consideração as regularidades psíquicas do processo assimilação. Essa pesquisa de Núñez reúne sólidos elementos para servir de inspiração e de base para investigações voltadas ao ensino-aprendizagem em diferentes conteúdos químicos, como é o caso do estudo aqui proposto em isomeria.

Este capítulo procurou destacar a centralidade do conceito de isômeros. O isomerismo tem sido um grande desafio para os químicos e tornou-se parte do programa para o desenvolvimento da química por muitos anos, especialmente da química orgânica. O desenvolvimento desse conceito foi marcado por diferentes questões epistemológicas, filosóficas e ideológicas, e implicaram em tensões, contradições e rupturas com o conhecimento já existente.

A compreensão dos diferentes tipos de isômeros e das diferenças das suas propriedades ocorreu intimamente vinculada à concepção e ao desenvolvimento de estrutura molecular, e para a explicação das propriedades exibidas pelos isômeros. Esse entendimento possibilitou a elaboração e consolidação de uma teoria estrutural capaz de explicar o isomerismo e a diversidade das substâncias isoméricas, assim como reunir subsídios para explicar as diferentes propriedades exibidas pelos isômeros.

Explicações envolvendo os isômeros fazem parte do ensino-aprendizagem de química e demonstram a particular significância de uma habilidade mais ampla, a habilidade de explicar as propriedades das substâncias. Essa habilidade deve ser formada no ensino de química e pode ser consolidada pela formação de habilidades particulares. Nessa perspectiva, a teoria da formação dos conceitos e das ações mentais por etapas, proposta por Galperin, oferece um caminho eficaz e criativo para o tratamento dialético da apropriação de conceitos pela via da formação de habilidades, conforme será discutido no próximo capítulo.

4 A FORMAÇÃO DE HABILIDADES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE P. YA. GALPERIN

Este capítulo destaca as concepções do Enfoque Histórico-Cultural em torno do objeto de estudo, a apropriação de conceitos pela via do desenvolvimento de habilidades. Para tanto, procura-se fornecer um suporte teórico-metodológico para o desenvolvimento de habilidades, de modo a contribuir para a dimensão desse processo como um conhecimento profissional do futuro professor de química. Inicialmente, destacam-se as concepções desse referencial sobre a categoria habilidade e sobre a formação de habilidades no processo intencional de apropriação de conceitos químicos. Em seguida, buscando a compreensão de como a formação de conceitos ocorre conjuntamente pela via do desenvolvimento de ações, a abordagem desse capítulo se volta à teoria de Galperin. Discutem-se os seus principais aspectos e detalham-se as etapas do processo de formação das ações mentais e dos conceitos e critérios para a organização de um sistema didático para esse propósito.

4.1 HABILIDADE, UMA CATEGORIA PSICO-PEDAGÓGICA

A categoria habilidade vem sendo utilizada no cenário mundial para orientar no processo de ensino-aprendizagem. Assim como acontece em outros países, no sistema educacional brasileiro o termo habilidade tem sido proposto como um sinônimo de “saber fazer”, relacionando procedimentos a conhecimentos. No entanto, apesar das recomendações das políticas públicas educacionais, a formação de habilidades se situa em um campo contendo divergências⁴⁵, relacionadas a diferentes interpretações conferidas ao termo e às condições utilizadas para o seu desenvolvimento.

O termo habilidade provém do latim, *habilitas*. Distintos entendimentos quanto a essa etimologia têm contribuído para esse termo adquirir sentidos distintos. Coloquialmente, por exemplo, o termo habilidade se alinha à ideia de um dom ou da qualificação de uma pessoa para realizar uma determinada atividade, em especial a atividade psicomotora. No meio educacional, a sua vinculação está marcada a diferentes posicionamentos epistemológicos, vinculados a vieses ideológicos.

⁴⁵ As principais críticas em quanto à posição assumida pelo Estado brasileiro em relação às reformas educacionais implantadas a partir da década de 1990 se devem ao fato dele ter assumido estratégias de ação modeladas em um processo produtivo, fundamentado em numa lógica excludente de mercado, na qual a competitividade, o consumo e o globalitarismo habitam e comandam a vida das nações (SANTOS, 2000).

A multiplicidade de significados para a categoria habilidade leva a um problema de circularidade com termos como: aptidão, hábito, capacidade, destreza e competência. Algumas vezes a definição de habilidade é realizada recorrendo-se a esses termos dificultando uma clara diferenciação entre os mesmos ou em explicar a forma em que se vinculam e/ou se complementam. Isso se verifica em nosso País.

A pedagogia das competências trouxe um novo dinamismo ao cenário educacional brasileiro a partir da década de 1990. Os documentos a elas associados apresentam propostas para a reorganização curricular, estimularam a implantação de mecanismos avaliativos e incentivaram o desenvolvimento de estratégias didáticas inovadoras e de pesquisas educacionais. Quanto à formação de habilidades, as propostas contidas nos documentos oficiais estão ausentes das salas de aula, tanto das escolas quanto das universidades, e não provocaram mudanças substanciais nas aprendizagens escolares nem na formação de professores, como é presenciado no ensino de química (RICARDO; ZYLBERSZTAJN, 2007).

O baixo domínio de habilidades apresentado pelos estudantes e licenciandos expressa a dificuldade teórico-procedimental enfrentada por seus professores. Na formação docente, revela-se a carência de discussões e orientações teórico-metodológicas dentro de bases filosóficas e epistemológicas sólidas. Isso tem dificultado o entendimento sobre o tema e a operacionalização do desenvolvimento de habilidades nos diferentes níveis de ensino, como na formação inicial do professor de química.

Em diferentes ações decorrentes da LDB/1996 percebe-se a tentativa de imbricar as categorias competências e habilidades no meio acadêmico-escolar brasileiro. Em alguns momentos, chega-se ao ponto de tentar vinculá-las dentro de preceitos de diferentes referenciais, alguns incompatíveis, como se a associação entre estas duas categorias teóricas fosse algo consensual. No entanto, isso não o é. Para alguns referenciais, como acontece no enfoque histórico-cultural, a diferença entre competências e habilidades ocorre pela sua conceituação em separado, desconsiderando-se a imposição desse vínculo (LEÓN, 2011) e distanciando essa categoria de uma lógica excludente de mercado, conforme será visto a seguir.

Uma habilidade é tida por esse referencial como uma categoria psico-pedagógica, uma categoria psico-pedagógica complexa⁴⁶. Portanto, é necessário analisá-la sob essa ótica.

⁴⁶ Observa-se que tanto do ponto de vista psicológico quanto didático, o conceito de habilidade se relaciona de alguma forma com as ações. Apesar disso, mesmo dentro dessa Escola, alguns autores defendem que a

As habilidades são componentes da personalidade e se constituem e emergem a partir de processos de socialização humana. Portanto, elas se precisam ser formadas para se desenvolverem ao longo vida. Logo, distancia-se o domínio de uma habilidade da ideia de dons e talentos naturais, conforme ocorre no senso comum.

Percebe-se que os autores do Enfoque Histórico-Cultural convergem na proposição de alguns elementos representativos para a essa categoria, em especial: a habilidade como atividade tanto psíquica quanto prática do ser humano, e a sua estreita relação das com os conhecimentos e hábitos. Nesse sentido, Petrovski afirma que:

[...] as habilidades são ações complexas que favorecem o desenvolvimento de capacidades. É o que permite que a informação se converta em um conhecimento real. Portanto, a habilidade é um sistema complexo de atividades psíquicas e práticas necessárias para a regulação conveniente da atividade, dos conhecimentos e dos hábitos que um indivíduo possui (PETROVSKI, 1980, p.248).

A psicologia marxista considera que as habilidades e os hábitos constituem elementos psicológicos estruturais da personalidade, vinculados a função reguladora-executora, conforme afirma Galperin (1978). Para Leontiev (1993, 1985), uma habilidade é a ação que se executa com um alto nível de domínio e que se subordina a um objetivo. Assim, uma habilidade também se constitui em uma forma de assimilação da atividade, pois se refere às ações que o sujeito deve assimilar e, portanto, dominar com alto grau de sistematização. Se tanto as habilidades quanto os hábitos são manifestações do “poder fazer” e do “saber fazer”, ao mesmo tempo, eles se constituem em formas distintas que o homem tem de assimilar a atividade. Nesse sentido, a atividade orientadora exerce uma função primordial no seu desenvolvimento (GALPERIN, 2001a, b).

Enquanto as habilidades são as formas de assimilação das ações, os hábitos são da assimilação das operações, com destacado a seguir, com base em Petrovski (1985).

- **Hábitos** constituem a sistematização de operações e como estas não respondem a um objetivo ou um fim consciente, mas às condições da atividade que determinam as formas de execução, a sistematização se converte em uma automatização.
- **Habilidades** são formas de execução da atividade constituídas por uma sistematização das ações e como estas são processos subordinados a um objetivo ou fim consciente, não pode se automatizar, pois a sua regulação é consciente. Para que se obtenha a formação de

habilidades, esta sistematização deve levar implícita não só a repetição e o reforço das ações, mas também ao seu aperfeiçoamento.

Os autores do Enfoque Histórico-Cultural compartilham da ideia de que a habilidade sempre é resultado da aprendizagem e se desenvolve no processo de interação do sujeito com a natureza e com a sociedade. Por isso, as habilidades são consideradas formações psicológicas em que o sujeito manifesta de forma concreta a dinâmica da atividade com o objetivo de elaborar, transformar, criar objetos, resolver problemas e situações, e atuar sobre si mesmo. Esse tipo de relação reforça que, além de ser uma categoria psicológica, a habilidade é um conceito vinculado a aspectos pedagógicos.

A habilidade é uma categoria psico-pedagógica, utilizada na organização e na condução do processo de ensino-aprendizagem. No Enfoque Histórico-Cultural, o ensino-aprendizagem voltado ao desenvolvimento de habilidades se constitui em uma via para um objetivo mais amplo: “(...) a formação cultural integral, obtendo-se um equilíbrio adequado entre a formação técnico-científica e o pleno desenvolvimento do homem”. (CHÁVEZ, 2005, p.221). A formação de habilidades está dialeticamente vinculada à apropriação de conhecimentos, em um processo direcionado ao desenvolvimento e preparação do homem para a vida social e, como condição dela, para a atividade profissional.

As habilidades são uma das formas de assimilação da atividade e ao mesmo tempo elas surgem e desenvolvem-se na própria na atividade pedagógico-didática. As habilidades expressam um saber fazer, para a qual um estudante precisa tomar decisões e realizar uma série de ações para atingir uma meta, de forma intencional, ordenada e não aleatória. De acordo com Álvarez de Zayas (1999, p.71):

Ao analisar a habilidade, como ação que é, pode-se decompor em operações. Enquanto a habilidade se vincula com a intenção, a operação o faz com as condições, de modo que em cada habilidade pode-se determinar elos das mesmas ou operações cuja integração permite o domínio pelo estudante de um modo de atuação.

Assim, sob o ponto de vista pedagógico, uma habilidade se configura como uma instrumentação executora, que dirige o processo de aprendizagem por meio de ações e operações.

A formação de habilidades exige atenção voluntária e consciente, a assimilação real do sistema de ações que a conformam, bem como do conhecimento ao qual está associada. Dessa forma, uma habilidade não poder ser concebida sem um corpo de conhecimentos para apoiá-

la, ou seja, não se pode entender o sistema de conhecimentos e o sistema de habilidades como sistemas independentes ou paralelos.

A formação de habilidades se destina a proporcionar tanto os elementos que permitem um estudante ou um licenciando se orientar nas condições que realiza a atividade, nos objetivos da mesma, assim como nos métodos a empregar. Nesse processo formativo, ele deve regular os aspectos destinados à apropriação dos conhecimentos e a colocá-los em prática, controlando a sua execução de forma consciente e adequada. Por isso, a formação de uma habilidade deve ocorrer com base nas suas particularidades, ou seja, na sua estrutura.

Uma habilidade possui estrutura interna e uma estrutura operacional. A estrutura da atividade proposta por Leontiev (1983) serve como uma base para a estrutura interna das habilidades, cujos componentes são: os conhecimentos, a base gnoseológica; os motivos e os objetivos, o componente indutor; e o sistema de ações e operações, o componente executor.

Os conhecimentos são os objetos das ações dos sujeitos. A respeito disso, Talízina afirma que:

Podemos falar sobre os conhecimentos dos alunos na medida em que eles sejam capazes de realizarem determinadas ações com estes conhecimentos. Isso é correto já que os conhecimentos sempre existem unidos estreitamente a uma ou outras ações (habilidades), os mesmos podem funcionar em grande quantidade de ações diversas. (TALÍZINA, 2001, p.13).

Determinantes para o desenvolvimento das habilidades, eles se tornam efetivos somente quando são utilizados na resolução de determinadas tarefas.

Os motivos e objetivos atuam como componentes indutores na estrutura da habilidade. A motivação do estudante no processo de apropriação da habilidade deve ser interna, cognoscitiva. Por isso, uma das recomendações para que a formação de habilidades seja um processo indutor do desenvolvimento dos estudantes reside no cuidado da sua subordinação a um objetivo consciente, explicitando-se ao estudante como o resultado esperado será alcançado.

O sistema de ações e operações⁴⁷ atua como o componente executor no processo de formação de uma habilidade. Esse processo se efetiva mediante a assimilação de um sistema de ações e operações, que permitem ao sujeito: i) orientar-se em relação às condições em que realiza a atividade e os procedimentos a serem utilizados; ii) realizar operações destinadas a por em prática esses procedimentos; e iii) efetuar operações para controlar a sua execução.

⁴⁷ As operações são as formas de se realizar as ações, dentro de determinadas condições.

Dessa forma, na execução do processo formativo, esse sistema (de ações e operações) propicia uma orientação e um controle da habilidade a ser formada, que ocorre sistemática e processualmente na solução de tarefas.

A estrutura operacional da habilidade é determinada pelas invariantes funcionais da sua execução. As invariantes funcionais carregam uma lógica, caracterizada por uma sistematicidade de ações, por meio do qual se manifesta a sua estrutura psicológica (PETROVSKI, 1980). Portanto, essa estrutura invariante deve ser dominada pelo sujeito.

Não é qualquer ação que indica uma habilidade. Para exibir o domínio de uma habilidade um estudante precisa exibir o domínio das invariantes funcionais. Assim, para se reconhecer a presença de uma habilidade é necessário se constatar que na execução da ação seja exibido um grau de sistematização conducente ao domínio do sistema de operações essenciais e necessárias para a sua realização.

Com base na utilização de indicadores qualitativos, uma habilidade pode se identificar como um conjunto de funções e comportamentos consolidados pelo estudante, que são factíveis de serem detectados e monitorados (GALPERIN, 2001/1965; 1978). Isso torna possível controlar o nível de desenvolvimento de uma habilidade em um dado momento e planejar futuros objetivos de aprendizagens, com base nas habilidades previamente adquiridas, aplicando os conceitos de zona de desenvolvimento real e zona de desenvolvimento próximo (NÚÑEZ, 2009).

O estudo da habilidade como forma de assimilação da atividade, sobre a base de um enfoque estrutural e processual, permite que o estudante seja visto como um sujeito ativo de sua aprendizagem. Por isso, ele precisa dominar os modos de atuação necessários para a apropriação conceitual, destacando-se a significância da base orientadora da ação para esse processo. Assim, a formação de habilidades deve considerar que o estudante tenha consciência do “quê”, do “para quê”, do “com o quê”, do “como” e do “até onde” do modo de atuação ao longo de todo o processo dessa apropriação. Com isso, busca-se proporcionar uma maior clareza ao processo de ensino-aprendizagem acerca do objeto de estudo sobre o qual o sujeito atua (por exemplo, um conceito ou uma propriedade química) e da delimitação da ação a ser executada sobre esse objeto segundo o objetivo a ser alcançado. Com isso, o estudante deve adquirir consciência tanto da formalização do conhecimento, em uma linguagem científica, como da compreensão do processo de apropriação e do seu resultado.

Os domínios das invariantes das habilidades asseguram o desenvolvimento de capacidades cognoscitivas na personalidade do estudante, fornecendo-lhe as potencialidades para enfrentar problemas complexos e resolvê-los mediante a aplicação das mesmas. No

entanto, a necessidade do domínio de um sistema de ações e operações não deve limitar a formação de habilidades a uma mera tecnologia educacional, pautada em processos algorítmicos, lineares e rígidos, que tentam mostrar os passos ou momentos da atuação sem levar em conta a contextualização do mesmo. O domínio dos invariantes funcionais envolve e repercute no modo do sujeito se relacionar com uma dada situação, possibilitando dar-lhe uma solução no nível produtivo-criativo. Por isso que, em autores do Enfoque Histórico-Cultural, o processo de formação de conceitos e de habilidades está vinculado à categoria problema (GALPERIN, 2001; TALÍZINA, 1987; NÚÑEZ, 2009).

Conforme indica Talízina, “A aproximação da atividade até o processo de aprendizagem e do ensino, requer a sua análise como sistema unitário e como processo real da solução de problemas que se encontram ante ao sujeito dessa atividade” (TALÍZINA, 2009, p.59). Nesse caso, os problemas são prioritariamente tratados como situações problematizadoras, conforme atentara Galperin (1989), contendo preferencialmente o caráter genuíno dos aspectos contextuais, em oposição ao uso de exercícios, relativos a situações práticas artificiais.

A qualidade e profundidade de um conhecimento estão em estreita relação com as habilidades, por meio das quais se aplica o sistema de ações e operações para se garantir a aquisição sólida e a aplicação consciente, reflexiva e criativa dos conhecimentos. Portanto, uma habilidade deve se converter em uma qualidade, uma forma de resposta aplicável a múltiplas situações, que comportam uma mesma natureza, caracterizando assim a possibilidade de transferência a múltiplos contextos. Para que as ações e operações resultem no desenvolvimento da habilidade, elas devem ser: i) suficientes, no sentido de que se repita um mesmo tipo de ação, ainda que varie o conteúdo teórico ou prático, mas mantendo a mesma essência; ii) variadas, ou seja, que impliquem em diferentes modos de atuar, das mais simples às mais complexas; iii) diferenciadas, de modo a atender ao desenvolvimento alcançado pelo estudante. Esse tipo de distinção se deve principalmente às especificidades contidas em cada processo de formação de uma ou de um conjunto de habilidades, e precisam ser estabelecidos pela adoção de requisitos empíricos.

Nas sistematizações das ações e operações, recomenda-se examinar tanto requisitos quantitativos quanto qualitativos (BERMÚDEZ; RODRÍGUEZ, 1996; TALÍZINA, 1987). Entre os requisitos quantitativos, encontram-se a importância de se considerar a frequência de execução, dada pelo número de vezes que se realiza a ação e a operação, e a periodicidade da execução, indicada pela distribuição temporal das realizações das ações e operações. No que

tange aos aspectos qualitativos, recomenda-se uma atenção quanto à complexidade da execução, indicada pelo grau de variação dos conhecimentos e do contexto de atuação.

No processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina, o sistema de habilidades pode se efetivar como o núcleo organizador, como invariantes funcionais. Para tanto, é necessário determinar as habilidades consideradas que, na qualidade de invariantes, devem aparecer no conteúdo da disciplina. Esse conteúdo envolverá os sistemas de conhecimentos, de procedimentos e de valores, relacionando-os diretamente aos objetivos, aos conhecimentos e aos níveis de assimilação, de profundidade e de sistematização pretendidos. Por isso, é importante reconhecer que o desenvolvimento de habilidades que se propõe realizar na escola ou em um curso de licenciatura, como na formação inicial do professor de química, se expressa nos objetivos do ensino e depende das condições que se criam para isso.

O ensino com base na formação de habilidades pode ser organizado em torno de habilidades mais generalizadas, como se propõe nesta pesquisa. Uma habilidade generalizada se constitui em uma habilidade mais complexa, instituída sobre a base de um conjunto ou de um sistema de habilidades de menor ordem, cuja integração possibilita uma organização curricular e a formação de um pensamento mais sistêmico. Isso pode ser exemplificado com a habilidade explicar as propriedades das substâncias. Uma vez desenvolvida, ela capacita o estudante a resolver diferentes problemas particulares, pois elas estão orientadas à essência, contribuindo para que os estudantes pensem teoricamente, no caso desta pesquisa, pensar quimicamente.

A formação de habilidades deve se efetivar como um processo destinado a propiciar aos estudantes os meios de aquisição consciente de conceitos científicos e de desenvolvimento das capacidades cognoscitivas e operativas, de modo interligado e indissociável. Com isso, espera-se que eles saibam pensar melhor, ou seja, que tenham uma melhor capacidade de raciocínio, de reflexão e de julgamento (NÚÑEZ, 2009). Incluída na visão de mundo concebida pelo Enfoque Histórico-Cultural, a formação de habilidades no processo de ensino-aprendizagem é uma atividade prática intencional de produção e de internalização de significados para desenvolver o pensamento teórico e contribuir para a formação integral dos sujeitos para melhor compreender o mundo e para transformá-lo.

A apropriação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades são uma unidade e se constituem em um tipo de atividade a ser estruturado a partir do planejamento, da execução e do controle de um processo intencional direcionado a esse objetivo. Isso pressupõe uma peculiaridade no modo de organização desse processo, no qual, por sua natureza, cada conteúdo exige um modo de atuar com características específicas. Portanto, as habilidades

expressam tais particularidades ao considerar os níveis de sistematicidade e complexidade da atividade a ser executada de acordo com determinado campo do saber, como acontece com a química. Um processo para formar habilidades no ensino de conceitos químicos pode ser cientificamente planejado com base na teoria por Galperin.

4.2 AS BASES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA TEORIA DE GALPERIN

A teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos, desenvolvida por Galperin⁴⁸, iniciou uma nova fase na psicologia, por considerar como o seu objeto de estudo a atividade orientadora, ao abordar o processo de formação da ação mental a partir da ação externa, sob um ponto de vista derivado da teoria da atividade. Além de um método de estudo da formação ontogenética da atividade psíquica, essa teoria também foi aplicada por Galperin ao processo de aprendizagem. Ela foi enriquecida e ainda mais direcionada ao ensino, principalmente por Talizina (GALPERIN, 1976), e tem se qualificado como uma teoria bastante comprometida com o desenvolvimento psíquico do estudante, conforme destaca León (1999, 1984).

Muitos psicólogos soviéticos se dedicaram à busca por demonstrações, tanto teóricas quanto experimentais, para explicar a capacidade humana de transformar a experiência social em experiência individual, o movimento do interpsicológico ao intrapsicológico⁴⁹. Nesse esforço, em especial ao longo das décadas de 1930 a 1950, a unidade entre a atividade material e a atividade psíquica se constituiu como o principal objeto de estudo da psicologia soviética como um todo e mais especificamente nos pesquisadores do Enfoque Histórico-Cultural. Considerando-se que a ciência não estuda precisamente os fenômenos, mas aquilo que está por trás deles e o que os produz, ou seja, busca a sua essência, os seus mecanismos, sob os fundamentos do marxismo-lenismo, as investigações desses pesquisadores sobre o

⁴⁸ A vida-obra de Galperin produzida nos seus setenta e seis anos de existência é diversificada e extensa.

Recentemente, Núñez e Oliveira (2012) divulgaram um levantamento detalhado sobre esses aspectos, que se constitui em uma valiosa contribuição aos interessados na Escola de Vigotski, especificamente nesse que foi um dos seus mais expressivos representantes.

⁴⁹ Uma detalhada abordagem sobre o desenvolvimento da psicologia na União Soviética pode ser encontrada em Almeida (2008). Em seu trabalho ele destaca que no interior da psicologia soviética havia quatro escolas: a criada e desenvolvida por Sergei L. Rubinstein (1889-1960) e seus colaboradores; a desenvolvida por Dimitri N. Uznadze (1886-1950) e colaboradores; a de Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936) e colaboradores; e a comandada por Vigotski e continuada por seus colaboradores e seguidores, como Leontiev, Luria, Galperin, Elkonin, Zaporjets, Bojóvitch, Morozova, Levina, Slavina e Davydov. Cada uma dessas escolas possuía a sua história particular, os seus eixos de pesquisa e elaborações sobre o psiquismo e os seus processos de intervenção. Elas receberam fortes influências filosóficas, epistemológicas, sociológicas e políticas tanto do período pré-revolucionário quanto e principalmente das décadas que consolidaram o regime socialista. Outros dados importantes para a compreensão desse contexto de estabelecimento da psicologia soviética podem ser encontrados no trabalho de Prestes (2012).

psíquico permitiu o acúmulo de uma grande quantidade de dados experimentais. Nesse período, destacou-se o trabalho de Galperin.

Galperin estudou o processo de formação das ações mentais e dos conceitos científicos, que levam à formação do pensamento teórico. A sua teoria esclarece a gênese e as interfuncionalidades das ações internas, psíquicas, com as ações externas, materiais, como um processo dinâmico e complexo, no qual a atividade orientadora ocupa um papel central.

A ideia fundamental da teoria galperiana é a de que as ações mentais, ações objetivas por sua natureza, inicialmente se realizam por meio da atividade orientada com apoio de objetos externos ou com as suas representações materiais e, passando por outras etapas, posteriormente são realizadas no plano mental, até se tornarem propriedades da psiquê. A base da orientação de uma ação (tipo III) é constituída pelas condições nas quais o sujeito se orienta para cumpri-las. Sendo um processo psicológico, a assimilação de conceitos científicos também segue essa dinâmica.

A teoria da formação planificada das ações mentais e dos conceitos é uma aplicação criativa dos fundamentos filosóficos do marxismo-leninismo, especificamente os do materialismo dialético e histórico, da análise histórico-concreta dos fenômenos e da teoria do conhecimento, do reflexo, de Lênin⁵⁰ (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2013). A proposta teórico-metodológica elaborada por Galperin também sofre a forte influência dos princípios básicos da psicologia soviética representada pelo Enfoque Histórico-Cultural.

Os contributos basilares para a sustentação dessa teoria galperiana envolvem principalmente os estudos de Vigotski sobre a origem e a natureza histórico-social das funções psicológicas superiores e, em especial, de Leontiev sobre a unidade da atividade psíquica e da atividade externa objetual, material (NÚÑEZ, 2009). Nesse sentido, Galperin investigou tanto os conceitos vigotskianos de interiorização e de mediatização quanto às teses de Leontiev sobre a psiquê como atividade externa transformada e sua realização no processo da ontogenia. Dessas ideias, derivaram também as contribuições de outros colaboradores e seguidores de Vigotski e de Leontiev, igualmente apropriadas por Galperin. Especificamente em relação aos conceitos de interiorização e de atividade, Galperin negou-os dialeticamente⁵¹,

⁵⁰ Lênin discute sobre a formação do reflexo (ou da imagem, do alemão: *Abbild*) psíquico da realidade nas suas duas principais publicações filosóficas, “Materialismo e empiriocentrismo” e “Cadernos filosóficos”. Tal questão também é abordada em diferentes obras de Marx e Engels.

⁵¹ Segundo Marx: “Em nenhum setor pode ocorrer um desenvolvimento que não negue as suas antigas formas de existência” (MARX; ENGELS, p.297). Na negação dialética marxista retêm-se as partes do antigo que devem ser incorporadas em um novo estágio (*aufheben* – a superação por incorporação). Assim, o novo não elimina totalmente o velho, mas conserva o que ele tem de melhor e o transforma, elevando-o a um grau superior.

apropriando-se dos mesmos e indo mais além, proporcionando-lhes um tratamento criativo para a elaboração da sua teoria, conforme será discutido a seguir.

Vigotski (1997) apresenta como ideia central dos seus estudos a tese que a formação das funções psicológicas superiores (como a consciência, o pensamento abstrato, o raciocínio, a atenção voluntária e a memória lógica, a memória voluntária) é mediatizada pelos instrumentos e pelas suas formas de utilização, estabelecidos objetiva e socialmente. As suas pesquisas e de seus colaboradores levaram à proposição de que essas funções especificamente humanas se originam nas primeiras formas de comunicação verbal entre as pessoas e são mediatizadas por signos. Esses signos se desenvolvem em um processo de aprendizagem na atividade conjunta da criança com o adulto, mediatizado principalmente por símbolos linguísticos, que surgem dentro de um processo real e objetivo da atividade conjunta, em especial por meio da fala.

Essas concepções se distinguem radicalmente da psicologia idealista dominante, pois na compreensão vigotskiana: o tempo humano é histórico, desde o ponto de vista individual quanto social; a relação entre os fenômenos psíquicos e a vida se vincula à atividade social do ser humano; e o caráter da psiquê humana é mediatizado. Ao adotar essa visão, a psicologia histórico-cultural rompeu com concepções sobre a imediatez do psíquico, que era considerado como algo inato, absolutamente individual e interno ao sujeito. Segundo Vigotski (1996), a existência externa, objetiva, da atividade humana posteriormente se converte em atividade psíquica, mental, interna, no processo de interiorização. Na interiorização, há um processo específico de conversão das formas inter sujeitos, objetivas, em forma intra-sujeito, “subjetivas”. É nesse sentido que surge a concepção de relação unitária entre pensamento e linguagem.

Vigotski defende que a linguagem interna não pode existir nem ser compreendida sem a vinculação direta com a linguagem externa e com o pensamento. Para ele, de um meio de comunicação interpessoal a linguagem se converte em um meio de pensamento “para si”. A formação da linguagem interna a partir da linguagem externa ocorre por meio da mudança da sua função e da sua estrutura, graças ao pensamento, que se oculta por trás da linguagem externa (VIGOTSKI, 2002, 1996). A linguagem interna envolve tanto uma linguagem-comunicação quanto as ideias e pensamentos liberados da linguagem. Com isso, ela pode ocorrer internamente, “para si”, mas também “para o exterior”, realizando-se em voz alta⁵².

⁵² Um exemplo da expressão da linguagem externa em voz alta pode ser verificado nas situações quando temos algum tipo de dificuldade de pensamento e passamos a falar em voz alta, sozinhos ou esquecendo que estamos na presença de outras pessoas.

Essa linguagem interna se converte em uma linguagem abreviada e descontínua, que atua genética e funcionalmente como um meio para se passar da linguagem externa à “ideia pura”⁵³ e, novamente, à linguagem externa.

Após essas contribuições de Vigotski, a psicologia soviética passou a dar novos sentidos a tais relações entre o pensamento e a linguagem. Uma maior atenção se direcionou ao desenvolvimento de estudos para compreender as relações entre a atividade psíquica e a atividade externa, objetual, do sujeito. A ênfase residia na significação consciente da atividade humana. Nesse sentido, Leontiev enfatizara que a origem da atividade psíquica não provém apenas de formas de comunicação verbal, mas também de outras formas de atividade, nas quais há a dependência múltipla do “psíquico” das formas externas objetais de atividade (GALPERIN, 1976). Para Leontiev (1978, p. 235), “[...] o desenvolvimento, a formação das funções e faculdades psíquicas próprias do homem enquanto ser social são produzidos sob uma forma absolutamente específica – sob a forma de um processo de apropriação, de aquisição”. As funções psíquicas, especificamente humanas, têm o seu processo de origem e estabelecimento decorrentes da interiorização da atividade externa dos homens, que se transforma em atividade interna mediante a atividade desses sujeitos nas suas interações com os outros homens e com a natureza, ao se apropriar das conquistas das gerações passadas.

Vigotski considerava que o processo psicológico de mediação da criança ocorre no transcorrer de sua comunicação direta, na interação, com os adultos. Estes lhes ensinam os sinais e os conceitos. Para Leontiev, a mediação acontece no curso da atividade da criança, organizada pelos adultos, dentro do processo em que a criança adquire novos métodos de lidar com signos e com as noções sociais e as científicas. Porém, apesar de concordar com Leontiev, na visão de Galperin esse conceito de atividade era amplo demais para resolver algumas questões teóricas e práticas da psicologia, pois se focalizava demasiadamente em um dos seus componentes, a motivação. Em consequência, o conteúdo operacional da atividade relacionado ao objeto não foi tão enfatizado e, por isso, não se destacou a alta dependência da atividade mental da atividade externa.

Para Galperin (1992), um dos principais problemas da psicologia soviética era a concepção de atividade relacionada ao objeto como um processo não-psicológico e da atividade mental como um processo não-objetivo. Desse modo, o processo vigotskiano de

⁵³ Galperin (2001) chama atenção para o fato de que tanto a linguística quanto a psicologia soviéticas não reconhecem a existência de “ideias puras”, de pensamentos liberados da linguagem. Além disso, o pensamento humano é totalmente verbal. Portanto, não se considera que exista sempre a mesma relação entre os órgãos periféricos da linguagem e os processos do córtex cerebral. Pelo contrário, em certas condições dadas, essas relações variam, particularmente quando se forma um estereótipo dinâmico, ou seja, quando se forma um hábito.

interiorização não era explicado e os pontos de vista dualistas sobre a mente e sobre o material não mudavam. Por isso, Galperin concordou com o fato de ser a atividade humana o objeto da psicologia, mas não qualquer atividade, e sim a “atividade de orientação”⁵⁴ (GALPERIN, 2001/1965; TALÍZINA, 1985).

O método de investigação do movimento inter-psicológico ao intra-psicológico proposto por Galperin considera e recorre também a ideias resultantes de trabalhos de outros psicólogos soviéticos. Além das pesquisas sobre a conversão das excitações subsensoriais, do próprio Leontiev, entre as questões mais contributivas tomadas por Galperin destacam-se: os estudos sobre a formação dos diferentes tipos de ações mentais, de Daniil Borissowitsch Elkonin (1904-1984); e o papel que possui a organização da atividade orientadora na formação das ações físicas, de Alexander Vladimirovich Zaporozhets (1905-1981) (GALPERIN, 2001).

Dos resultados de suas próprias pesquisas e das investigações desses psicólogos do Enfoque Histórico-Cultural, Galperin aponta três aspectos principais que constituem a parte mais significativa da teoria da formação por etapas das ações mentais:

- i) a extraordinária semelhança entre as condições que garantem o êxito nos processos psíquicos e daquelas que garantem o êxito em uma atividade externa;
- ii) a constatação de uma rápida redução na atividade psíquica (ação externa → reprodução mental da ação → redução e automatização);
- iii) a existência de três níveis consecutivos e de grau de dificuldade gradativo para a assimilação: com objetos, na forma de raciocínio verbal e na forma de raciocínio mental.

Para Galperin (2001/1957; 1976), a psicologia se relaciona com a atividade orientadora mental, cuja origem provém da atividade material (prática). A compreensão da natureza da atividade objetiva e sua relação com os processos psíquicos são articuladas na teoria galperiana com base em que a ação externa se interioriza, adquirindo a forma de ação interna ideal⁵⁵, o denominado “pensamento puro”.

No movimento da ação material para a ação mental, ao se tornar relativamente independente, a ação psíquica não se torna puramente espiritual⁵⁶, ou seja, essencialmente

⁵⁴ Esse termo deriva das ideias de Pavlov, como pode ser visto em uma das obras de Galperin (1976).

⁵⁵ Do alemão, *ideelle*, o termo referente a ideal também pode ser traduzido como reflexo. Segundo Marx (1883/1985b, p.20), “o ideal nada mais é do que o material transposto e traduzido na mente do homem”. Nas palavras de Iliyenkov (1978, p.186), o materialismo compreende o ideal como a “forma determinada da atividade social do homem, que cria objetos de uma ou outra forma, nasce e existe não na cabeça, mas com a ajuda da cabeça na atividade material real como agente efetivo da produção social”.

⁵⁶ Conforme indica Afanasiev (1985), a atividade consciente espiritual do homem envolve os seus pensamentos, sentimentos, vontade, pontos de vistas etc.

oposta à atividade prática externa (GALPERIN, 1976). A forma psíquica continua a representar a atividade nos processos dirigidos para a solução de tarefas vitais que surgem no processo de interação do sujeito com o mundo. Assim, não há uma oposição dualística entre a atividade interna, da consciência, e a atividade externa. Elas não são distintas, pois constituem formas de um único processo, a atividade, no qual uma forma engendra a outra e dela se deriva (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2013; GALPERIN, 2001/1957b).

Galperin considerou que a via principal para investigar e compreender a origem e o conteúdo do funcionamento dos processos mentais, os processos psíquicos, é a atividade orientada, a formação planejada por etapas da atividade mental do homem. Esse processo formativo considera a unidade da atividade psíquica e prática (da atividade interna e externa) e dos mecanismos de transformação de uma em outra como um processo dinâmico e complexo. Desse modo, como destacam Núñez e Oliveira (2013), essa teoria proporciona um novo sentido ao processo de interiorização ao orientar a busca da forma adequada da ação, para se encontrar a sua forma material de representação e, depois, para transformar essa ação externa em interna. Portanto, a teoria de Galperin auxilia a compreender como uma forma socialmente e culturalmente mediada de atividade é transformada em atividade mental.

Utilizando os fundamentos da sua base filosófico-epistemológica, Galperin (1976, 2001, a-c) faz um conjunto de considerações ao longo de sua obra em torno dos elementos que compõe a sua teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos. Em seu tratamento marxista-lenista, ele assume que a formação de qualquer ação sempre conduz, ao mesmo tempo, a formação da imagem do seu objeto. As imagens são consideradas como todos os reflexos psíquicos das coisas, sobre os quais o sujeito descobre as relações do mundo objetivo ante os objetos. Tanto as imagens sensoriais quanto as abstratas contêm o mundo objetivo, ou seja, nelas se encontra todo o nosso conhecimento sobre o mundo (GALPERIN, 2001/1959b). Desse modo, inicialmente, as imagens permitem que o sujeito descubra o mundo que o circunda, os objetos e os fenômenos. Inclusive essa descoberta ocorre antes de um encontro físico com os mesmos. Isso lhe permite compreender as características e as relações do objeto. Depois, saindo dessa relação sensório-perceptiva, a imagem fornece a possibilidade do sujeito se orientar no objeto.

A imagem é assumida como um fenômeno estável, pois todas as suas partes ocorrem simultaneamente; a ação é um processo variável e sucessivo. Porém, as características da imagem são em grande medida as características da própria ação. Para a aparição das imagens é necessário que cada operação se inclua na constituição da ação, deixando por trás de si um produto estável, que se relacionará com os produtos das operações seguintes e, assim, em

conjunto, formar a imagem como um todo. O esclarecimento dos componentes da imagem ocorre sucessivamente, mas as propriedades estáveis do objeto devem se conservar e depois se unir. Galperin (2001/1959b) destaca que é difícil estabelecer como é possível investigar a construção e a função da ação e, com ela, da imagem, de outro modo que não seja ao longo do processo de sua formação.

Galperin (2001 a-d) defende que o estudo da formação planejada das ações mentais é o método de investigação das próprias ações mentais e de outros fenômenos psíquicos que dependem delas, como os conceitos. Como qualquer ação humana reflete as necessidades humanas e de apropriação de demandas e condições de uma determinada situação objetiva, para ele, as ações se formam conjuntamente com as imagens e com os conceitos sobre os objetos, dentro de determinadas condições. Portanto, a formação das ações, a formação das imagens e a formação dos conceitos representam aspectos diferentes de um mesmo processo, apesar de nesse movimento a assimilação de conceitos ser enfatizada como a base da formação das ações mentais (GALPERIN, 2001a-d). Para destacar esse aspecto, Galperin (2001a) considera as ações mentais como habilidades já desenvolvidas, capacitando o sujeito a realizar mentalmente uma dada ação objetiva.

As condições necessárias de planificação para a formação de ações mentais e de conceitos na proposta galperiana são organizadas na forma de sistemas. Cada um deles contém condições psicológicas interligadas, que se referem às esferas motivacionais e operacionais da atividade humana. Esse conjunto de sistemas exerce o papel de aparato conceitual da teoria e abrange:

- i) um sistema de condições da compreensão de sentidos (sociais e pessoais) e de significados relativos ao objeto de aprendizagem;
- ii) um sistema de momentos funcionais do processo, ou etapas para a formação da ação mental, que representa a dinâmica da aprendizagem e segue a linha da interiorização;
- iii) um sistema de características psicológicas, que servem como parâmetros para se expressar a qualidade do processo de aprendizagem;
- iv) um sistema de princípios didáticos, que organiza e dirige o processo de ensino-aprendizagem, envolvendo entre outros a determinação das invariantes do campo de conhecimento em questão e o caráter ativo do sujeito.

O primeiro sistema de condições produz conexões entre a motivação para a aprendizagem e a dinâmica dos processos de interiorização, articulando a compreensão de sentidos sociais e pessoais na sua relação com o objeto de estudo. O segundo sistema de condições apresenta os momentos funcionais da interiorização, a transferência da ação

material para o plano mental. Esses dois sistemas são articulados e constituem as etapas para a formação planejada das ações mentais e dos conceitos.

O sistema de indicadores qualitativos oferece um "quadro", uma forma concreta para a formação de ação. Os parâmetros da ação atuam como instrumentos qualitativos processuais para o planejamento, a execução e o controle da formação da ação, envolvendo tanto as representações de um plano geral quanto dos produtos intermediários e dos produtos finais. Desse modo, a organização desse conjunto pode resultar em uma escala para se medir objetivamente a qualidade da ação.

O quarto sistema de condições contém uma descrição psico-pedagógica para organizar, executar e avaliar a formação da ação e dos conceitos, por meio das seis etapas propostas, tomando por base determinados indicadores qualitativos, previamente selecionados.

Galperin conseguiu sistematizar e operacionalizar concretamente uma via para a aprendizagem do alfabeto cirílico ao propor e utilizar o seu método de formação por etapas das ações mentais. Segundo Talízina (2009, p. 127), “[...] essa é a teoria que propõe de forma mais completa e construtiva as regularidades da assimilação”. Conforme discute essa autora, ele não se limitou a teses gerais sobre a atividade, nem simplesmente em destacar a ação como unidade de análise da atividade psíquica. Galperin converteu a investigação da gênese das ações mentais em método de estudo da atividade psíquica e estudou os tipos concretos da atividade psíquica a partir das ações que os compõem (TALÍZINA, 1988). Como destaca León (1996, 1984), um dos seus méritos foi o de ter descoberto a forma e os meios da formação dos processos psíquicos em todas as formas que eles podem adotar.

Na proposta galperiana a base da assimilação dos conhecimentos não está só na percepção dos objetos que nos rodeiam, mas na ação realizada com eles, tanto a prática (externa) quanto mental (interna). Essa ação é possível pela via de uma atividade planejada, de modo que os processos psíquicos se instituem em órgãos funcionais da própria atividade. Desse modo, a formação de processos mentais, o pensamento lógico, a atenção, o domínio da língua materna e estrangeira, o pensamento metafórico e os conceitos das disciplinas escolares podem ser aprendidos eficientemente se houver um modelo planejado da atividade (FARIÑAS LEÓN, 1996). Esses processos mentais logo se incorporam à rede da dinâmica dos processos de aprendizagem, criando, ampliando e enriquecendo novas possibilidades de aprendizagem, na forma de uma espiral dialética que potencializa o desenvolvimento.

Psicólogo comprometido com a formação de uma psicologia genuinamente soviética, que contribuísse para a formação de um novo homem para um novo tipo de sociedade, apesar

de não ter sido a ideia original, Galperin vinculou a sua teoria à aprendizagem escolar. No seu direcionamento aos processos educacionais concretos, ele se dedicou especialmente à aprendizagem do alfabeto cirílico e a conceitos básicos de matemática, especialmente via trabalhos com Talízina (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2013). Considerando a necessidade social da sua época e o desafio em compreender a formação da atividade mental humana, a teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos atende a um dos principais objetivos do seu autor e de grande parte dos psicólogos soviéticos: instrumentalizar os conceitos de mediação, interiorização e atividade na organização de um ensino para o desenvolvimento dos estudantes em período escolar, especialmente das crianças.

O sentido proporcionado por Galperin ao processo de interiorização em sua teoria se relaciona diretamente à formação de conceitos científicos no processo de aprendizagem. De acordo com essa visão, a formação de conceitos é a base do processo da formação das ações mentais e a assimilação do conceito é um processo de sua aplicação, vinculado ao desenvolvimento de habilidades. Tais aspectos serão enfatizados a partir desse momento e indicam o potencial dessa teoria no ensino-aprendizagem de conceitos químicos, como no conceito de isômeros.

4.3 A RELAÇÃO ENTRE A APRENDIZAGEM E O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS, SEGUNDO GALPERIN

A formação dos conceitos e o desenvolvimento das habilidades possuem olhares distintos, tanto de um modo geral quanto, particularmente, no ensino-aprendizagem de química (BRASIL, 2006). Entre uma gama de fatores que permeiam tal questão, as diferentes abordagens são consequências das concepções teórico-metodológicas assumidas, intencionalmente ou não, e resulta em diferentes estratégias didáticas utilizadas pelos professores.

De acordo com o Enfoque Histórico-Cultural, a formação dos conceitos e das habilidades deve ser um processo dialético e intencional para a apropriação do conhecimento histórico, socialmente elaborado pela humanidade, para a criação de novas funções psíquicas no homem, que lhe proporcionam o seu desenvolvimento. Uma dessas funções psíquicas a ser desenvolvida na aprendizagem é o pensamento teórico, cuja promoção se realiza sob a base da atividade conceitual. Colaborador de Galperin, Davidov afirma que: “O conteúdo do pensamento teórico é a existência mediatizada, refletida, essencial. O pensamento teórico é o processo de idealização de um dos aspectos da atividade objetiva prática, a reprodução, nela,

das formas universais das coisas [...]”. (DAVIDOV, 1988, p. 125). Assim, de modo diferente de outras concepções, segundo a Escola de Vigotski, o pensamento teórico é a atividade mental como reflexo ideal da atividade objetual, na forma de imagem ideal do mundo objetivo.

Para Vigotski, formados na educação escolar, os conceitos científicos se caracterizam porque a sua assimilação começa com a conscientização das suas características essenciais, que é alcançada introduzindo-se a definição logo no início do processo (VIGOTSKI, 1956). Na concepção vigotskiana, esse procedimento proporciona aos escolares a possibilidade de operar com o conceito no caminho “de cima para baixo”, da definição até os objetos reais, de modo voluntário e consciente. Tal processo se diferenciava da via de formação dos conceitos cotidianos (conceitos “vulgares”), que ocorria “de baixo para cima”. Conforme indica Talízina (1985), Vigotski não considerava a atividade cognoscitiva do sujeito com o mundo dos objetos como um critério decisivo no processo de assimilação dos conceitos. Com isso, ele não avaliou o considerável grau de espontaneidade que a atividade cognoscitiva tem no ensino escolar.

Apesar de tanto Vigotski quanto Leontiev destacarem o papel da escola para o desenvolvimento humano pela necessidade da formação do pensamento teórico, novas interpretações acerca da formação dos conceitos científicos passaram a ser dadas por outros psicólogos soviéticos. Galperin foi o psicólogo que inicialmente investigou e desenvolveu um método que fornece uma base psicológica adequada para a direção científica dos processos de ensino (TALÍZINA, 1988).

A elaboração da teoria de formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos possui uma relação direta com as críticas de Galperin aos modelos de ensino até então adotados pela escola: modelo de ensino tradicional e modelo de ensino aberto, um modelo de ensino por investigação (GALPERIN, 1989; REZENDE; VALDÉS, 2006). Em relação ao modelo de ensino por investigação, Galperin (1976) criticava principalmente o fato de que havia uma dissociação demasiada entre a teoria e a prática na aprendizagem de determinados conceitos teóricos, com certa apologia ao fazer prático. Investia-se no papel do professor como um estimulador do desenvolvimento da capacidade prática de descoberta, incentivando o aprendiz a observar, a despertar sua curiosidade. A ênfase do professor estava em desafiar o estudante a pesquisar e explicar determinados conceitos. Porém, nessas condições, o início do processo de ensino pela aplicação prática do conhecimento comprometia a aprendizagem⁵⁷.

⁵⁷ Observa-se ainda a prevalência desses dois modelos no ensino-aprendizagem escolar de química no Brasil. Inclusive, lamentavelmente, o modelo de ensino por descoberta tem sido objeto de política de incentivo de

O modelo de ensino tradicional utilizava outros caminhos. No entanto, eles também resultavam em problemas na aprendizagem. Conforme discute Leontiev, o modelo de ensino tradicional exercia uma concepção na qual o conceito científico era tomado como:

(...) fruto de um processo original de estratificação das imagens sensoriais umas sobre as outras, durante o qual desaparecem os traços semelhantes dos objetos, enquanto que as características comuns se reforçam mutuamente, formando as representações e conceitos gerais, bem como as suas palavras correspondentes. (LEONTIEV, 1964, p. 86).

As críticas de Galperin (1976, 2001a-d) em relação a esse modelo tradicional foram mais amplas, conforme é destacado a seguir.

Segundo Galperin (1976, 2001b), o papel principal no modelo de ensino tradicional para a formação do conceito está na determinação da presença ou da ausência, no material proposto, dos componentes e das propriedades dos fenômenos. Na educação escolar tradicional, tal processo é frequentemente tomado como uma assimilação a partir da generalização gradual, progressiva, do conteúdo do conceito, acompanhada pela liberação do conjunto de representações cotidianas, também realizada de forma gradual. Inclusive, nesse tipo de generalização do conceito, assume-se que os conceitos científicos e os não científicos se combinam e se deformam uns aos outros, em um processo natural, geral e necessário. Porém, não se explica o processo de assimilação de cada uma dessas partes. Além de mostrar que isso não é propriamente um processo de assimilação do conceito, Galperin verificou que a combinação de conhecimentos científicos com os cotidianos não garante uma generalização adequada pelos estudantes.

A determinação da presença ou da ausência dos componentes e das propriedades dos fenômenos é considerada por Galperin (2001a) apenas como um indicativo da sequência de assimilação de suas diferentes partes. Na concepção galperiana, não se garante a assimilação de um conceito novo, simplesmente aprendendo os traços essenciais desse conceito, assim como, o conhecimento desses mesmos não assegura a utilização consciente de um determinado conceito quando se faz necessário orientar-se na realidade correspondente, ou seja, aplicá-lo. Na concepção galperiana, a aprendizagem se direciona ao processo de assimilação de conceitos e desenvolvimento de habilidades, de acordo com o processo de formação das ações mentais. Na forma de imagens abstratas e generalizadas, os conceitos

científicos constituem os elementos essenciais da atividade material a serem assimilados, para se converterem em atividade mental, e proporcionarem um desenvolvimento intelectual aos estudantes.

Para Galperin (2001c-e), o conceito científico é a imagem do objeto em seus traços essenciais e, apesar de poder servir para diferentes fins, o seu principal objetivo consiste em refletir a realidade e em ensinar ao homem a orientar-se com o auxílio dos mesmos para reconhecer os fenômenos, saber confrontá-los, descobrir as características dos objetos de determinada classe, etc. Ele afirma que:

[...] no processo de aprendizagem do conceito, a imagem abstrata do fenômeno se constitui sobre a base da ação nos componentes deste conceito, com o critério dos fenômenos correspondentes. O curso automatizado desta ação generalizada, abreviada e trasladada ao plano mental constitui o mecanismo psicológico do conceito (GALPERIN, 2001b, p. 54).

Em Davidov, há uma síntese da definição de conceito concebida por Galperin:

O conceito é a forma de atividade mental por intermédio da qual se reproduz o objeto idealizado e o sistema de suas relações, que em sua unidade refletem a universalidade ou a essência do movimento do objeto material. O conceito atua, simultaneamente, como forma de reflexo do objeto material e como meio de sua representação mental, de sua estruturação, isto é, como ação mental especial. (...) Ter um conceito sobre um ou outro objeto significa saber reproduzir mentalmente seu conteúdo, construí-lo. A ação de construção e transformação do objeto mental constitui o ato de sua compreensão e explicação, o descobrimento de sua essência. (DAVIDOV, 1988, p. 126).

O conceito precisa ser assimilado no processo de ensino-aprendizagem, na qual a conversão da imagem do objeto em uma ação mental é um processo formativo que ocorre por etapas e envolve a utilização do próprio conceito. Assim, a imagem se forma sob a base da ação com o objeto, como seu reflexo. Com a formação da ação mental, produz-se a formação da imagem do objeto como um conceito, que é abreviado em uma palavra, como por exemplo: “isômeros”.

A presença e a necessidade dessas etapas no processo formativo da ação mental exibem a sua correspondência com a assimilação e a formação do conceito. De acordo com Galperin (2001a), como assimilar significa apropriar-se de algo, a ação se assimila por seu conteúdo e se forma pelo modo de sua existência psicológica real. Em cada uma das etapas de transformação da ação material em ação mental, a forma da ação muda sucessivamente, porém, o seu conteúdo objetivo permanece igual, por causa da sua execução, por sua

existência real. Portanto, as etapas em que se realizam a ação representam os níveis sucessivos da transformação do fenômeno objetivo em algo cada vez mais próprio. Conseqüentemente, a assimilação do conceito depende cada vez mais do estudante, até este ser finalmente formado. Assim, a formação do conceito se efetiva pela aplicação dos signos, de modo a ser verificado se o fenômeno que reflete o conceito existe no material trabalhado.

A assimilação de conceitos deve ser desenvolvida por meio de uma atividade orientada. Ela deve ser iniciada proporcionando-se ao estudante apenas os seus componentes, mas não o conceito si. Esse procedimento deve ser utilizado porque a imagem se forma somente sobre a base da ação com o objeto, como o seu reflexo. Utilizando-se a ação com o objeto, o sujeito forma “para si” um determinado conceito sobre o mesmo. No entanto, o objeto em si não se esgota pela soma ou pelo sistema de seus próprios componentes, ainda que tais componentes sejam os essenciais. Somente ao longo do processo de aplicação dos signos, os componentes do conceito passam a ser assimilados e, então, forma-se o conceito correspondente a esses componentes.

Na visão galperiana, o processo de aprendizagem do conceito é um processo de formação de uma imagem abstrata que reflete um mundo objetivo, mas também a formação de um determinado sistema operacional, que apresenta uma estrutura interna. Essa estrutura indica diretamente tanto a apropriação do novo conhecimento como os modos de sua assimilação (GALPERIN, 2001a,c). O sistema operacional de assimilação de conceitos constitui um mecanismo propriamente psicológico. Nesse sentido, o objeto de investigação deve ser não apenas a assimilação dos conceitos em si, mas também a formação das ações necessárias para essa assimilação. Baseando-se na compreensão da psiquê como atividade, Talízina (1988) reforça esse aspecto ao afirmar que qualquer imagem – seja percepção, representação ou conceito – deve estar relacionada com um sistema de ações.

A utilização de um sistema de ações no processo de formação de um conceito também conduz à formação de habilidades. Como na concepção galperiana as ações mentais são habilidades para se realizar mentalmente uma dada ação objetiva (GALPERIN, 2001a), o processo formativo de habilidades está imbricado ao da formação do conceito e pode ser considerado como uma via para a sua assimilação. Essa relação dialética destaca a visão do Enfoque Histórico-Cultural de que a atividade de aprendizagem exige o vínculo entre a assimilação do conceito e a sua aplicação. Nesse sentido, fundamentando-se em Leontiev, Núñez (2009) atenta para o fato de que o domínio do conceito é um indicativo da formação do pensamento teórico e este se revela quando se aprende a agir conceitualmente.

A aplicação da teoria de Galperin ao processo de ensino-aprendizagem de conceitos químicos pode contribuir para um pensamento mais sistêmico, sempre que seja uma Sase Orientadora da Ação (BOA) Tipo III. Esse processo remete a estruturação e da análise do objeto de estudo como um sistema qualitativamente determinado, no qual se revelam as propriedades sistêmicas integrativas (RESHETOVA, 1988). Uma possibilidade desse tipo de organização pode ser realizada por meio do enfoque sistêmico funcional-estrutural, desenvolvido por Reshetova (1988). Sustentado na relação dialética unitária das categorias essência e fenômeno, esse sistema reflete o objeto de estudo e os elementos da sua estrutura abrangem as possíveis variantes de sua existência, as leis, os limites de estabilidade e as suas propriedades essenciais. Nesse enfoque, a desse modo, os fenômenos particulares estudados se expressam por meio de sua essência, denominada invariante ou modelo da atividade (NÚÑEZ, 2009).

Essa visão panorâmica sobre a teoria de Galperin permite ratificar o quanto a formação de conceitos não deve ser um processo espontâneo. Ela deve ser uma atividade orientada, organizada e conduzida pelo professor, de modo a promover o interesse, a motivação e o compromisso do estudante de modo a torná-lo sujeito ativo do seu desenvolvimento. Ao desenvolver ações intencionais e orientadas para assimilar o conceito científico, o estudante aprende e melhor se capacita a interagir com os fenômenos e com os objetos relacionados aos mesmos, disponibilizados culturalmente na sociedade. Ele transforma o objeto de conhecimento e também se transforma, por meio de mudanças no seu desenvolvimento. Por isso, o professor precisa também se apropriar de métodos adequados para conduzir o processo de assimilação conceitual dentro dessa qualidade desejada, como o método da formação planejada das ações mentais e dos conceitos, formulado por Galperin, que será detalhado a seguir.

4.4 ETAPAS PARA A FORMAÇÃO DA AÇÃO, UM SISTEMA DE MOMENTOS FUNCIONAIS PARA A ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS SEGUNDO A TEORIA DE GALPERIN

Galperin projetou inicialmente cinco etapas para a formação planejada das ações mentais e dos conceitos, para orientar a busca da forma adequada da ação material para transformar essa ação externa em interna. Essas etapas passaram a seis, após as sugestões de Talízina (GALPERIN; TALÍZINA, 1967; GALPERIN, 2001d) para a inclusão da motivação como uma etapa específica. O processo de interiorização da ação segue uma abreviação-

generalização, para que ela possa adquirir um caráter psíquico, de acordo com sucessivos momentos funcionais, as etapas para a formação das ações mentais. Conforme destaca Núñez (2009), apesar de não poderem ser considerados de forma linear, esses momentos funcionais podem ser separados metodologicamente nas seguintes etapas:

- i) etapa motivacional, a formação da base de motivação para a ação;
- ii) etapa de estabelecimento da base orientadora da ação (BOA);
- iii) etapa de ação na forma material ou materializada de ação;
- iv) etapa de formação da ação como linguagem verbal externa, socializada na comunicação com os outros;
- v) etapa de formação da ação na linguagem externa na comunicação “para si”;
- vi) etapa da formação de ação mental no plano mental, como um ato mental.

Quando a ação mental se desenvolve em estreita união com o conceito, essas etapas envolvem um sistema de condições no qual há uma complexa gama de eventos interconectados na busca da formação do plano mental ou na busca da inclusão de algum conteúdo no mesmo (GALPERIN, 2001/1967), e são concebidas na proposta galperiana como um ciclo cognoscitivo, como discutido a seguir.

4.4.1 Etapa motivacional

A motivação é trabalhada por Galperin (2001/1966) como um aspecto a ser estimulado e desenvolvido ao longo de todo processo de formação das ações mentais. No entanto, junto com Talízina (GALPERIN; TALÍZINA, 1967; GALPERIN, 2001/1965), ele observou a necessidade também da sua inclusão como uma etapa inicial, a chamada “etapa motivacional”, onde a tarefa principal é a preparação dos estudantes para a assimilação de novos conhecimentos.

O objetivo dessa etapa é criar uma disposição positiva para o estudo. Neste momento não são introduzidos conhecimentos e não há nenhum tipo de ação (NÚÑEZ, 2009). O desafio dos professores é a de estimular a motivação interna nos estudantes (TALÍZINA, 2009). Uma motivação na qual os motivos de participar de atividades de ensino-aprendizagem estejam relacionados à satisfação de suas necessidades cognoscitivas, de aprender, mas também ligadas ao significado da profissão de professor. No caso específico da aprendizagem na formação inicial, essa motivação se volta à aprendizagem de saberes necessários à sua base de conhecimentos para exercer a sua profissão. Considerando o objeto de estudo desta pesquisa, esses saberes envolvem conceitos e habilidades necessários ao seu futuro trabalho.

Como destacado em tom de alerta por Talízina (Idem, p. 41): “Sabe-se que se alguém não quer aprender não se lhe pode ensinar nada”. Isso é válido para o estudante de qualquer nível de ensino, inclusive para o licenciando em química. Ao mesmo tempo, conforme esta autora também discute, é importante atentar para o fato de que o processo de estudo tem motivações múltiplas e as circunstâncias relacionadas à vida do estudante impulsionam a atividade de estudo. Se apenas “ter motivação” para o estudo não é suficiente para um ensino exitoso, sem a mesma o processo de ensino-aprendizagem fica comprometido. Por isso, apesar de existir uma etapa específica, Galperin considera a motivação como uma necessidade de toda a dinâmica das etapas da formação das ações mentais.

Com base nas propostas de Talízina (1984), na etapa motivacional, a introdução de situações-problema de atividade profissional para ensinar química pode se efetivar como um dos procedimentos eficazes para despertar o interesse dos licenciandos para a atividade proposta. Essa situação deve se vincular diretamente com a atividade e com o material a ser estudado, visando provocar um interesse no estudante, no sentido de apresentar: i) algo, mas que também seja acessível; ii) coisas não usuais; e/ou iii) coisas frequentes, desde que apresentem aspectos inesperados e chamativos. De modo mais específico, Talízina (1988) também sugere a utilização de um determinado tipo de problema nessa etapa, os problemas indefinidos, que se configuram como problemas sem solução, ao defender que esses elementos possam gerar uma motivação para os estudantes trabalharem com muito mais atenção na etapa seguinte, ou seja, no estabelecimento da base orientadora da ação.

4.4.2 Etapa de estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação, a BOA

Ao estabelecer a ação como unidade da atividade orientadora, Galperin coloca a BOA no centro da sua teoria. Para ele:

A parte orientadora é a instância diretiva e, precisamente, no fundamental, depende dela a qualidade da execução. Se elaboramos um conjunto de situações em que se deva aplicar essa ação conforme o plano de ensino, essas situações ditarão um conjunto de exigências para a ação que se forma e, juntamente com elas, um grupo de propriedades que respondem a essas exigências e estão sujeitas à formação. (GALPERIN, 2001/1959. p.27)

A etapa do estabelecimento da base orientadora da ação é uma etapa que se refere à preparação para o início da aprendizagem. Perante o estudante, a nova ação é negociada para que ele conheça e forme uma representação tanto do conteúdo próprio da ação e de seu

produto quanto daquilo a lhe servir de apoio para a sua correta execução das operações, das micro-ações. Por isso, a base orientadora exerce um papel primordial, pois envolve as condições para a compreensão de sentidos (sociais e pessoais) e de significados relacionados ao objeto de aprendizagem.

A assimilação de conceitos é a base da formação das ações mentais e esse processo formativo está determinado pelo caráter da parte orientadora da ação (TALÍZINA, 1988). A BOA é o plano da futura ação, a base para a sua direção, ou seja, uma representação antecipada da tarefa e do sistema de orientadores necessários para o seu cumprimento. Ao destacar essa proposta galperiana, Talízina (1984) explica que a base orientadora da ação implica em uma imagem da ação a ser realizada e também do âmbito das condições nas quais a ação será realizada. Assim, ela atua como um sistema de condições concretas e necessárias para o cumprimento da ação dada. Nela o sujeito se apoia ao exercer a atividade para cumprir a ação. Portanto, a BOA deve refletir todas as partes estruturais e funcionais da atividade: orientação, execução e controle. Como afirma Núñez (2009), ela corresponde ao modelo da atividade.

Tendo um plano e utilizando as suas habilidades anteriores, o estudante pode cumprir a nova ação perfeitamente, ainda que não tenha a habilidade para esta ação. No entanto, como destaca Galperin (2001/1959b), o plano da ação não é ainda a própria ação, mas um sistema de indicações de como ela deve ser realizada.

Talízina (1988) afirma que cada tipo de orientação corresponde a um determinado processo de formação da ação e uma determinada qualidade do seu produto final. É o tipo de orientação que determina o tipo de formação da ação e o tipo de produto final, uma vez que eles formam um tipo único de aprendizagem.

Os resultados das investigações realizadas por Galperin e por seus colaboradores mostraram que as diferentes formas de orientação se reduzem a oito tipos de BOA, cada uma com os seus aspectos positivos e negativos⁵⁸ (TALÍZINA, 1984). No entanto, para Galperin, três delas possuem maiores destaques, pois são utilizados no processo de ensino-aprendizagem (GALPERIN, 2001/1969a, 2001/1965).

O primeiro tipo de orientação, a BOA do tipo I é caracterizada pelo fato de que nela o indivíduo atua pela via da tentativa-erro (TALÍZINA, 1984). Trata-se de uma base orientadora incompleta, pois o estudante não recebe do professor os conhecimentos sobre a ação. Porém, como o estudante não sabe como deve buscar os conhecimentos que o faltam

⁵⁸ Em Talízina (1988) há uma síntese desses oito tipos de BOA.

para executar a ação. Ele segue pela via dos ensaios, das tentativas. Em cada ação, o estudante perde muito tempo para encontrar o sistema completo de condições necessárias para executá-la. Tal opção finda por se tornar um caminho muito difícil para adquirir um grande volume de conhecimentos e de habilidades. Além disso, mesmo que o encontre, esse sistema pode não ser o melhor e levá-lo a solução incorreta de algum problema e/ou talvez não possa ser aplicado a um problema novo, implicando a uma necessidade de volta à busca por novas condições para a resolução. Pelo exposto, percebe-se que a BOA do tipo I apresenta uma composição incompleta e as orientações para a solução de tarefas são particularizadas. Com isso, o processo de assimilação é lento e a transferência dos conhecimentos é limitada (NÚÑEZ, 2009).

A BOA do tipo II é uma base orientadora típica do ensino tradicional. Desde o início, se oferece um sistema completo e pré-elaborado de orientações. As condições necessárias para o cumprimento correto da ação são particulares, orientando o estudante em um caso determinado. Como destaca Galperin (1986/1969b), ao longo do processo de ensino-aprendizagem com a BOA do tipo II, é preciso destacá-la novamente no início de uma nova tarefa e ela é encontrada de modo empírico. Nesse tipo de BOA, a transferência dos conhecimentos também é limitada, apesar de a ação ser formada de modo relativamente rápido e com poucos erros (NÚÑEZ, 2009). O terceiro tipo de orientação, a BOA do tipo III ocorre se, de maneira individual, independente, o sujeito constrói uma imagem orientadora completa e generalizada, que pode ser aplicada a um conjunto de fenômenos e tarefas de uma mesma classe (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2012). Por causa da sua adequação à aplicação da teoria de Galperin, ela será detalhada após o quadro 5, mostrado a seguir, no qual são apresentadas as principais características dessas três bases orientadoras mais estudadas no processo de ensino-aprendizagem, a BOA do tipo I, a BOA do tipo II e a BOA do tipo III.

Quadro 5 - Características das principais bases orientadoras da atividade utilizados no processo de ensino-aprendizagem: BOA do tipo I, a BOA II e a BOA do tipo III

BOA	Composição da orientação	Forma de representação da orientação	Processo de assimilação	Transferência dos conhecimentos
Tipo I	Incompleta	Particular	Lento e com grande número de erros na solução das tarefas	Limitada
Tipo II	Completa (Ensino tradicional)	Particular	Rápido e com poucos erros	Limitada (Restrita a um caso)
Tipo III	Completa	Generalizada (Orientada ao essencial)	Independente, rápido e com poucos erros	Alta

Fonte: o próprio autor

A obtenção da base orientadora do tipo III não se realiza pela via da tentativa-erro, mas pela aplicação de um determinado método, em uma forma orientada. Essa orientação permite o estudante fazer uma análise dentro das propriedades e das relações essenciais para qualquer objeto⁵⁹, dentro de determinada área, e não apenas em uma dada tarefa particular (TALÍZINA, 1984). Sendo assim, a orientação não ocorre pela aplicação do método a um objeto e, conseqüentemente, a habilidade ou a ação que se está formando não se aplica unicamente a esse objeto concreto. A aprendizagem da BOA do tipo consta de três partes: i) a formação da análise geral; ii) sua aplicação a uma tarefa, com traços da imagem e do material; iii) a formação da ação por meio da execução desta tarefa particular, na resolução de problemas (GALPERIN, 2001/1959a).

Galperin (1986/1969c, 2001/1959a) e Talízina (1987) destacam diferentes vantagens de trabalhar com o tipo de orientação da BOA do tipo III, também reforçadas por Reshetova (1988), Sálmina (1988) e Núñez (2009, 1996). De modo geral, conforme destacado por Núñez (2009), os aspectos positivos proporcionados pela utilização da BOA do tipo III no processo de ensino-aprendizagem se relacionam à:

- Oferta de grandes possibilidades para o trabalho independente, por proporcionar o aumento das oportunidades de trabalho criativo;
- Maior produtividade, por causa do seu caráter generalizado;
- Assimilação de um método único, no qual o estudante perceba a essência de cada representação específica, isentando-o de estudar cada fenômeno particular de um assunto, ou seja, de estudar muitos casos particulares com métodos particulares;
- Aplicação de uma orientação que, por penetrar na essência dos fatos, consegue contribuir de forma planejada para o desenvolvimento do pensamento teórico;
- Garantia de uma generalização adequada dos conteúdos, na forma de um sistema de conhecimentos e de habilidades;
- Rapidez inerente ao processo de orientação e execução de tarefas, apresentando poucas falhas, estabilidade e possibilidade de maior transferência dos conteúdos para novas situações;
- Economia do tempo didático necessário para o aprendizado.

A BOA do tipo III é uma orientação que se converte em objeto de assimilação e permite formar planificadamente o pensamento teórico. Ainda que essa assimilação se realize por meio da análise de casos concretos, esses atuam como meios e não como objeto de

⁵⁹ Esse objeto pode ter diversas formas. Pode ser um objeto real, material, até um conceito muito abstrato.

assimilação. Esse tipo de base orientadora da ação destaca a essência generalizada e, com a sua utilização, se ensina de tal modo que os estudantes compreendam os casos particulares por meio dessa essência. Por isso, o caráter generalizado na BOA do tipo III é obtido com a utilização das invariantes, a invariante conceitual e a invariante procedimental (NÚÑEZ, 2009; TALÍZINA, 1984). É sobre essa base de invariantes que se ensina ao estudante a se orientar. Portanto, a utilização desse tipo de BOA implica na necessidade de reestruturação da maioria das disciplinas, de modo que os seus conteúdos sejam formatados como sistemas de invariantes⁶⁰.

A BOA do tipo III possui grande potencialidade para o ensino. No entanto, conforme destaca Talízina (1988) é importante salientar que, mesmo tendo uma orientação considerada como “completa”, ela não é possível para todas as tarefas. Assim, por causa do seu grau de generalização, essa BOA é aplicável para um conjunto determinado, dentro de certos limites. Essa característica é um indicativo da inclusão feita por Galperin do conceito vigotskiano de Zona de Desenvolvimento Próximo, relacionando-o ao desenvolvimento psíquico que pode ser dirigido a partir do exterior. Apesar desse tipo de base orientadora ser inicialmente considerada inadequada para se enfrentar uma situação nova e fora dos limites de aplicações da orientação construída, como destaca Núñez (2009), ao mesmo tempo, ela serve de base para uma nova aprendizagem na dialética entre os níveis produtivos e criativos da atividade. Assim, ao aprender com esse tipo de BOA, posteriormente, o estudante pode melhor transferir o conceito aprendido à resolução de uma tarefa fora desses limites de generalização.

É necessário proporcionar ao estudante um método de análise para que ele possa, ante qualquer fenômeno de uma determinada área, formar por si mesmo a base orientadora completa da ação. A BOA do tipo III deve ser preparada pelo professor e discutida com os estudantes, pois é sobre a base dessa orientação completa e racional que ocorre a assimilação das ações e dos conceitos relacionado com o objeto estudado (GALPERIN, 2001/1969a; TALÍZINA, 1984, 1988). Em relação a esse aspecto, Núñez (2009) traz uma interessante visão sobre o papel da BOA, considerando-a como uma etapa para se estabelecer, conjuntamente, entre professor e estudantes o modelo da atividade que esses realizarão para formar o conceito. Nesse caso, numa postura dialógica, com discussões sobre significados, de modo que essa base orientadora possa ser reconstruída de modo interpessoal, inclusive pelo professor, para ser transformada em uma forma intrapessoal de atuação do estudante. Para tanto, deve haver total transparência no processo e o estudante deve dispor dos conhecimentos

⁶⁰ Discussões nesse sentido serão realizada ainda dentro desse capítulo, assim como no próximo, que trata mais especificamente da formação de habilidades.

necessários sobre o objeto da ação, as condições, as ações que compreendem a atividade a ser realizada, os meios de controle e os limites de sua aplicação.

Talízina (1984) recomenda que na etapa de estabelecimento da base orientadora da ação também se trabalhe operacionalmente com a situação-problema proposta na etapa motivacional. No entanto, nesse momento, ela desempenha a função de um aprofundamento na atividade, de modo a buscar uma intervenção direta dos estudantes na ação que dá solução ao problema, como tem sido efetuado por Núñez no ensino química (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013; NÚÑEZ; GONZALEZ, 1996 a,b).

Essa etapa de estabelecimento da base orientadora da atividade constitui a familiarização com as condições concretas da ação e com a sua representação. Essa representação se materializa com a esquematização da BOA na forma de um breve escrito em um cartão, ou ficha de estudo, também chamado de mapa da atividade (NÚÑEZ, 2009). As fichas ou cartões de estudo atuam como um sistema de orientação ativa. Eles podem ser apresentados em forma de um registro gráfico, de fácil utilização, contendo uma representação esquemática da base orientadora da atividade.

Os cartões de estudo devem propor o panorama completo da BOA, incluindo todos os elementos necessários para realizar as ações: a invariante conceitual, a invariante procedimental e os meios de controle. Assim, a ficha de estudo envolve tanto o sistema de características necessárias e suficientes do conceito dado como o sistema de ações (habilidades) que determina o tipo de atividade a ser realizada (NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2012). Desse modo, esse instrumento didático deve apresentar integralmente todos os exemplos do conceito, o resumo do procedimento para identificá-lo e das habilidades a serem desenvolvidas com a utilização do mesmo.

A utilização do cartão de estudo permite a aplicação dos conceitos a serem assimilados pelo estudante antes da ação ser transformada em forma psíquica. Com a sua utilização, pode-se relacionar cada indicação registrada com as características determinantes do objeto, tanto material quanto da sua forma materializada. Isso contribui para tornar e diferenciar a atividade orientadora como um processo independente, oferecendo ao sujeito as possibilidades para a consecução de resultados diferentes de acordo com um plano determinado.

Galperin (2001/1969) e Talízina (1988) enumeram algumas vantagens na utilização da ficha de estudo, tais como, as possibilidades de:

- Realização de ações de tal complexidade que dificilmente poderiam ser realizadas em uma sucessão correta e maneira exata sem a utilização dessa ajuda externa;

- Descoberta do caminho de assimilação do conteúdo para a solução de uma série de tarefas selecionadas, sem a necessidade de se recorrer a uma memorização;
- Estabelecimento de uma divisão exata das duas funções da imagem, pois se fazem presentes tanto o objeto da ação quanto os meios para orientação no mesmo.

Na elaboração da ficha de estudo, Talízina (1984) recomenda que se deva fixar os elementos essenciais na ilustração. Isso visa não distrair a atenção do estudante a aspectos não essenciais e prejudicar a aprendizagem. Desse modo, a forma gráfica-ilustrativa deve representar somente o que reflete a essência do conteúdo e da atividade ou da ação a ser realizada. Entre os aspectos a serem considerados, também se deve avaliar tanto o desenvolvimento cognitivo do estudante quanto com o conteúdo.

A etapa de estabelecimento da BOA é um momento no qual o estudante reúne e formata todos os conhecimentos da ação e cria as condições para seu êxito. Por isso, o professor tem de mostrá-los no material a ser assimilado, explicando os seus aspectos essenciais, que são necessários para realizar a ação ou a atividade exigida pelos objetivos do ensino (TALÍZINA, 1984). Entretanto, o estudante não executa a atividade a ser assimilada. Isso ocorre na etapa de formação da ação do plano material ou materializado, quando a ação a ser assimilada é realizada pelo próprio estudante.

4.4.3 Etapa de formação da ação na forma material ou materializada

A terceira etapa de formação da ação é um momento funcional baseado no pressuposto de que o estágio inicial do pensamento humano é o pensamento em termos de ações concretas (TALÍZINA, 2009). Por isso, para Galperin (2001/1957a), a assimilação exitosa de uma nova ação necessita que a sua forma inicial seja sempre material ou materializada.

Essa etapa é o momento funcional em que o estudante começa a propriamente realizar a ação, mas no plano externo. Por isso, depende-se da presença do objeto material, completamente ou em parte. Galperin (2001/1965) indica que é muito importante contar nessa etapa com um sistema de instrumentos e formas de ação para orientar os estudantes. Com esse propósito, diferentes formas podem ser utilizadas, como: livro, quadro ou um material personalizado, como por exemplo, um cartão ou uma ficha de estudo, o mapa da atividade (TALÍZINA, 1984). Assim, a formação da ação se realiza com o apoio no próprio objeto original (material) ou na sua representação (forma materializada) e com a ajuda da ficha contendo as condições concretas da ação.

A diferença entre as formas material ou materializada está no modo de representação do objeto de estudo e não no seu aspecto operacional (NÚÑEZ, 2009). Na forma material, o próprio objeto serve de objeto de estudo; na forma materializada, o objeto de estudo é o modelo que contém os aspectos essenciais do objeto de assimilação, ou seja, a forma materializada é a representação condicional do material, que reproduz exatamente as suas relações essenciais.

Segundo Galperin (2001/1959b), a forma materializada deve ser utilizada nos casos em que os objetos das ações são inacessíveis ou se situam fora dos limites do conhecimento sensorial, assim como para todas as ações de ordem superior, como é o caso dos conhecimentos químicos. Nesses casos, utilizam-se as representações dos objetos, e também se materializa o modelo da atividade, uma representação das ações a serem realizadas com os mesmos. Ainda que não em sua forma original, material, a forma materializada da ação apresenta as transformações características das suas relações, fixadas e copiadas com exatidão da forma material.

Essa representação materializada é o tipo de representação trabalhada no ensino-aprendizagem de química. A linguagem representacional na química articula aspectos sub-microscópicos e macroscópicos como indicativos da modelagem em torno dos conceitos químicos, que são conceitos abstratos. Nessa modelagem, os símbolos exercem um papel de reprodução da realidade para a formação do pensamento teórico, por meio da reprodução das propriedades dos objetos que a compõem e não por meio da própria natureza do objeto. Assim, ainda que abstratos, os conceitos químicos são materiais e objetivos, pois são elementos de um mundo material. Eles se configuram como a idealização dos objetos materiais associados a diferentes sistemas de símbolos, ou seja, das formas de padronização para a composição de uma linguagem comum e específica por meio da modelização da realidade objetiva, que expresse o pensamento químico.

Davidov (1972) considera os modelos como uma forma de abstração científica, resultante de uma atividade cognoscitiva complexa. Eles atuam como fruto e como meio dessa atividade. Uma atividade que inclui, principalmente, a elaboração mental do material sensorial inicial e na depuração das relações essenciais dos objetos, consolidadas em nexos, relações gráfico-perceptíveis e representáveis de elementos materiais ou sinalizadores. Portanto, a transferência do conceito químico (objeto abstrato materialmente idealizado) para o plano psíquico, mental, é equivalente ao movimento direcionado à reprodução teórica da realidade. Nesse processo, a simbologia química, a linguagem química exerce a função mediadora e o objeto (conceito químico) pode se apresentar tanto como um modelo

materializado quanto como um modelo mental. Então, seguindo as etapas propostas por Galperin, a formação planejada dos conceitos químicos pode ser vista como um movimento para transformar ações com modelos químicos materiais em ações com modelos mentais.

Nessa etapa de formação da ação no plano material ou materializado, o estudante trabalha de forma colaborativa, em pares ou em grupos. A ação é realizada com as operações, visando a generalização e a assimilação. Inicialmente, a ação é realizada como o cumprimento de todas as operações, de um modo mais detalhado quanto possível seja. Com isso, o estudante deve ficar consciente da relação objetiva, da relação lógica do conteúdo da ação.

A execução da atividade se processa na resolução de problemas, para os quais o estudante se apóia nos esquemas da BOA, nos cartões de estudo, pois ele ainda não tem formado a habilidade para fazê-lo sem auxílio externo. A partir da etapa de formação da ação do plano material ou materializado a resolução situações-problemas cumprem a função de servir de recurso para a assimilação de habilidades (TALÍZINA, 1988).

As tarefas a serem realizadas devem refletir os casos típicos de aplicação do conceito e da ação para garantir sua generalização, evitando-se tarefas do mesmo tipo que possam conduzir a uma automatização prematura. Nessa etapa, a generalização envolve dois tipos de situações: quando o objeto se refere à determinada classe e quando não se refere à mesma. Com base nessa característica, recomenda-se que as tarefas envolvam três tipos de situações-problema diferentes Galperin (2001/1965a):

- i) Situações do tipo lógico, de caráter geral – Apresentam uma composição completa, excessiva e incompleta de condições e a combinação da falta de umas condições com a insuficiência de outras;
- ii) Situações do tipo psicológico – Possuem divergência e coincidência de aspectos evidentes e características conceituais em diferentes combinações;
- iii) Situações do tipo objetivo-especial – Utilizam diferentes fenômenos e meios para expressarem o conceito em estudo.

A variação das tarefas deve ocorrer pelo princípio do contraste, oferecendo-se uma ordem que exiba uma alternância na utilização das mesmas. Desse modo, as tarefas se modificam por uma sequência e não por seu grau de dificuldade⁶¹.

Junto com a orientação do professor, a utilização das fichas de estudo auxilia o estudante a tomar consciência de cada um dos componentes da atividade ao longo das tarefas.

⁶¹ De acordo com Galperin (2001/1965a, p.88): “a dificuldade perde a sua importância decisiva se as condições concretas da ação tiverem corretamente confeccionadas e são empregadas na segunda etapa na forma escrita, materializada”.

As fichas de estudo permitem individualizar o processo, uma vez que cada estudante pode contar com esse apoio externo para a realização da atividade. Tal estratégia possibilita facilitar a aquisição, a compreensão e a fixação de um maior volume de conhecimentos e procedimentos de caráter geral pelo próprio uso (NÚÑEZ, 2009). O professor controla o cumprimento de cada uma das operações que entram na composição da ação. Esse controle é feito de acordo com todo o conteúdo e não somente pelos resultados.

A forma material ou materializada é combinada com a forma verbal desde o princípio dessa etapa (terceira etapa do ciclo cognoscitivo), mas predomina o apoio externo. Esse procedimento visa auxiliar na reflexão e na discussão enquanto a atividade se realiza. Os estudantes formulam na linguagem externa tudo o que realizam materialmente, executando conscientemente toda a composição das operações efetuadas. Porém, na ação perante os objetos e na ação material ou materializada a linguagem serve apenas como um sistema de indicações da realidade material. O estudante ainda não pode resolver a tarefa no nível mental. Embora a palavra se torne uma propriedade dos objetos ou dos fenômenos, nesse momento, ela ainda não representa seu símbolo, pois apenas posteriormente, no final do processo de interiorização, é que a linguagem assume função simbólica. Além disso, apesar de nessa etapa a ação se refletir na consciência e seja objetivamente social, ela ainda se apoia na presença das coisas e, apenas conjuntamente, com o contato com objetos entra na consciência (GALPERIN, 1959b). Isso ocorre porque essa ação se revelava ao estudante em seu aspecto técnico, natural e objetual.

Nas etapas seguintes do processo de interiorização, a linguagem passa a se impregnar na experiência da realidade material e se converte em uma única base de ação (GALPERIN, 1957b). Porém, a interiorização de fato ocorre na etapa mental. Esta é precedida por um momento funcional da ação no plano verbal, com duas etapas, onde a formação da ação no plano da linguagem externa ocorre tanto na comunicação com os outros quanto “para si”.

4.4.4 Etapa de formação da ação como linguagem verbal externa

Esta é a etapa na qual a ação se libera da dependência direta com os objetos e da sua representação. A forma da ação se transforma nessa etapa. A ação passa para o plano da linguagem, sem nenhum tipo de execução material e sem que os objetos participem nela. Como explica Galperin (2001a): de transformação das coisas, a ação se converte em raciocínio sobre ela mesma. A princípio, essa ação verbal se estrutura como um reflexo verbal exato da ação realizada com o objeto e a qual o sujeito se refere o tempo todo e se esforça em

representá-la (GALPERIN, 1959b). Mas, depois, a representação dos objetos é cada vez mais fraca e o significado das palavras com que se expressa a ação passa a ser cada vez mais compreendido diretamente. Porém, apesar de a ação passar a ser mais generalizada, ela ainda não se torna nem automatizada nem reduzida.

Galperin considera nessa etapa a representação dos elementos da ação de forma verbal, ou seja, oral ou escrita. No entanto, o destaque desse momento funcional é para a importância da linguagem falada na atividade humana. De acordo com o enfoque histórico-cultural, especialmente por meio da fala, a linguagem capacita o homem a ultrapassar os limites da percepção sensorial em relação ao mundo exterior. Isso lhe permite operar com signos para refletir sobre conexões e relações complexas, formar conceitos, tirar conclusões e resolver tarefas teóricas complexas (LURIA, 1994). Nesse sentido, a linguagem é utilizada na comunicação com as outras pessoas e, depois, individualmente, no plano interior, para a própria pessoa.

A etapa da formação do plano da linguagem falada é a primeira etapa propriamente verbal. Ela se inicia sem o apoio material e os estudantes trabalham em duplas, conforme acontece na etapa material ou materializada (GALPERIN, 1957a). O estudante deve resolver a tarefa oralmente ou utilizando a linguagem escrita, de modo que a ação se converta em uma ação teórica, baseada na comunicação verbal, sobre os conceitos e procedimentos executados. Os componentes do conceito são pronunciados em voz alta. Um estudante soluciona os problemas em voz alta e o outro controla, utilizando os cartões de estudo; num segundo problema se modificam essas funções e assim sucessivamente (TALÍZINA, 1984). Como também deve acontecer na etapa material/materializada, a execução da ação ocorre pelo cumprimento de operações, cada uma delas orientada e controlada pelo estudante, considerando-se todo o conteúdo e não apenas os resultados. Nesse sentido, o estudante pode expressar os seus posicionamentos tanto ao resolver um problema ou ao assumir o papel de crítico ou de monitor na atividade. Desse modo, a formação da ação no plano da linguagem falada depende da forma de comunicação.

Para Galperin (1957b), o procedimento de resolução em voz alta significa a formação da consciência objetivo-social da ação dada no estudante, modelada com a linguagem estabelecida no processo de comunicação promovido pela BOA. No caso, o pensamento e a informação constituem aspectos indivisíveis de um processo único, ou seja, da ação teórica conjunta. Assim, paulatinamente, cada estudante deixa de necessitar do controle externo do outro e vai aprendendo a se controlar, transitando do externo ao interno.

4.4.5 Etapa formação da ação na linguagem externa na comunicação “para si”

A sequência da formação da ação na etapa do plano da linguagem falada parte da comunicação com o outro para que o estudante passe a trabalhar com a linguagem “para si”, ou seja, silenciosamente. Nessa etapa o indivíduo resolve a tarefa por conta própria, de modo muito detalhado e consciente das operações que realiza (TALÍZINA, 1984). Inicialmente, é como se essa linguagem se direcionasse a um interlocutor imaginário. À medida que a ação é assimilada, o controle imaginário mantido por outra pessoa cada vez mais se distancia para um plano posterior. Com isso, a transformação mental da ação material inicial, o pensamento propriamente dito, torna-se cada vez mais predominante.

Galperin (1959a,b) considera que, a partir desse momento funcional, a linguagem oral começa a cumprir uma nova função. Essa nova função resulta de três mudanças essenciais ocorridas na etapa do plano da linguagem.

A primeira mudança faz com que a ação verbal se estruture não apenas como um reflexo real da ação realizada com o objeto, mas também como uma comunicação subordinada às exigências da compreensão e o sentido específico que deve ter para outras pessoas. Consequentemente, como um fenômeno da consciência social, cujo conteúdo deve ter para todas as pessoas um significado único e, portanto, objetivo, independentemente do apoio material.

A segunda mudança ocorre por causa do fato de o conceito se constituir na base da ação, característica que elimina a limitante principal da ação com as coisas. A forma verbal se apresenta como uma realidade material nova e estável, pois a ação refletida na linguagem adquire uma nova natureza e, em virtude disso, adquire novas possibilidades.

A partir do momento em que a forma verbal da ação é bem assimilada, ela se submete a uma redução consecutiva até o conceito passar a ter o seu significado expresso no símbolo, na palavra. Essa é a terceira mudança da ação nessa etapa da linguagem externa. A linguagem externa se converte em portadora independente de todo o processo, tanto da tarefa como da ação. Estas vão se fixando em palavras e se convertendo em seus significados. A ação vai se transformando até atingir a lógica dos conceitos e começa a se generalizar.

Nessa etapa da formação da ação na linguagem externa na comunicação “para si” é preciso se trabalhar com material variado e estimular o uso de expressões verbais diversificadas nas operações que compõem a ação. Conforme indica Galperin (1965a) a execução com as operações materiais e com a linguagem externa, tanto com os outros quanto

para si, permite dirigir a ação ao longo das etapas da sua formação, transformando-a em habilidade.

A transformação da ação verbal externa em mental segue o caminho da transformação da linguagem em voz alta em sua imagem sonora, uma forma de linguagem externa para si, uma ação interna dirigida ao exterior (a si mesmo ou a outra pessoa). Assim, no mecanismo de formação psicológica do conceito, pretende-se transitar gradualmente por formas cada vez mais abreviadas da ação, de modo que o processo seja reduzido, sintetizado, até última etapa, a sua formação no plano mental.

4.4.6 Etapa da formação da ação no plano mental

A última etapa do ciclo cognoscitivo proposto por Galperin, no caminho da transformação da ação de externa (material) em ação interna (psíquica), é o momento da conclusão da ação mental. Ela corresponde ao momento funcional no qual se constitui um tipo especial de linguagem (GALPERIN, 1957b), pois ocorre a interiorização e todos os esquemas da ação adquirem uma forma de linguagem interna, “só para si”. Apenas nessa etapa, assimilando o conteúdo objetivo da tarefa e o seu reflexo na linguagem, ou seja, quando as características do conceito são utilizadas mentalmente, o sujeito se transforma em “dono” absoluto do material estudado (GALPERIN, 1957a).

Na etapa da formação da ação no plano mental a solução das tarefas deve ocorrer de forma independente. Os tipos de problemas utilizados devem ser semelhantes aos das etapas anteriores. No entanto, eles devem ser mais complexos. Tanto o objeto da ação como sua composição operacional passam a ter caráter de imagem. Com isso, o estudante pode resolver a atividade de forma independente, pois a ação se automatiza, transformando-se em fala interna. De acordo com Galperin (2001/1965a; 1986/1965b), por causa do seu conteúdo, por trás de cada imagem se oculta uma ação mental generalizada, abreviada e automatizada, e nessa etapa se começa a “trabalhar de acordo com uma fórmula”. Com isso, o estudante “vê diretamente” por trás de cada imagem formada na etapa da ação mental um objeto (por exemplo, um isômero), mas agora como um conceito.

Galperin (2001/1965a) destaca que a formação espontânea das ações também ocorre da mesma forma de que nesse processo etapa por etapa apresentado. Todavia, de uma forma inconsciente e menos minuciosa. Além disso, em uma velocidade bem menor, com muitas formas intermediárias e, em geral, como muitas lacunas.

Segundo a proposta contida na teoria da formação planificada por etapas das ações mentais, na transformação da ação externa em ação interna o conteúdo permanece o mesmo, mas a sua forma passa de material, para verbal e, por último, mental. Além disso, outras mudanças qualitativas da ação acompanham os diferentes ciclos dessa transformação. Por exemplo, o grau de generalização vai aumentando constantemente no processo de interiorização, enquanto a ação vai se realizando de maneira menos desdobrada, abreviando-se. A independência do estudante progride de uma ação compartilhada, isto é, com ajuda dos outros, até ser uma ação independente.

Uma das características apontadas por Galperin (1969a, 1957a) em relação às etapas de formação da ação é que cada um desses momentos de formação do conceito não é puro. Cada uma dessas etapas se refere a algo que está sendo mais enfatizado no processo. Desse modo, não há uma correspondência “topográfica” com tudo o que ocorre na mente do estudante no momento em que a aprendizagem é estimulada (FARIÑAS, 1996). Pelo contrário, em cada uma das principais etapas estão incluídos elementos de outras etapas. Assim, por exemplo, o estudante pode estar incorporando os conteúdos da atividade no plano mental desde a etapa de estabelecimento do esquema da base orientadora da ação. Nesse caso, isso depende mais do seu desenvolvimento já alcançado, ou seja, do desenvolvimento real, do que do desenvolvimento próximo, especialmente quando o assunto já é do seu conhecimento. Quanto às ações já trabalhadas em uma experiência anterior, o próprio Galperin (1979) destaca que as ações podem ser executadas ao nível das habilidades já adquiridas.

O transcurso dos estudantes pelas etapas de assimilação propostas por Galperin também não é homogêneo, conforme é reforçado por Talízina (1988) e Núñez (2009). Os ritmos de assimilação e de desenvolvimento dos estudantes podem ser distintos. Por isso, ao longo do processo eles podem se manter em etapas distintas.

A teoria de Galperin tem uma preocupação muito forte com a apropriação do pensamento teórico, explorando os conceitos de internalização e de zona de desenvolvimento próximo em diferentes situações de ensino relacionadas às possíveis bases de orientação da atividade (BOA). Justamente a BOA tem sido o sistema mais elogiado dessa teoria. Por outro lado, o sistema das etapas tem sido o mais criticado. De acordo com Fariñas: “A versão cibernética desta teoria, que pretende como regra, o controle restrito do processo e da predição dos passos e resultados da aprendizagem, tem feito alguns psicólogos e pedagogos pensarem que esta concepção tem uma orientação positivista, mesmo dentro do enfoque histórico-cultural” (LEÓN; 1996). Nesse sentido, contestações feitas por alguns críticos a esta

teoria, consideram-na como demasiadamente objetivista e fragmentária, associada a um modelo tecnicista⁶² (SEGURA SUÁREZ *et al.*, 2005; ILIÁSOV; LIAVDIS, 1986)

As etapas para formação das ações não trazem uma abordagem tecnicista. Muitos psicólogos destacam em Galperin a figura de um psicólogo educacional que elaborou uma valiosa tecnologia do ensino, mas que não era uma “tecnicista” (ARIEVITCH; HAENEN, 2005; ARIEVITCH, 2003; HAENEN, 1998). Trata-se em associar de modo mais efetivo o modo de fazer e o princípio teórico-científico que dá suporte ao exercício docente.

Como destaca Núñez (2009), a teoria de Galperin não deve ser compreendida como uma referência estreita no sentido de atuar como algoritmos procedimentais prontos. Enquanto o behaviorismo privilegia a execução da atividade, de modo distinto, Galperin enfatiza a unidade conceito-ação, destacando a importância da orientação e da qualidade da aprendizagem. Desse modo a sua teoria pode proporcionar uma referência ampla, que permita um processo de negociação de sentidos entre os recursos disponíveis pelos estudantes e a estrutura de operações da ação e do conceito em formação.

O uso da teoria de Galperin nos processos de formação de habilidades considera também o conhecimento já adquirido pelo estudante e o grau de desenvolvimento da habilidade a ser formada. Como reforçam Núñez e Oliveira (2012), desse modo, a teoria não se constitui em uma visão empirista, positivista ou algorítmica, uma vez que considera e respeita as diversidades, a liberdade, a subjetividade na aprendizagem e o desenvolvimento dos estudantes como sujeitos com suas histórias diferentes. Além disso, a vinculação do ensino por problemas às tarefas de assimilação de conceitos estimula o desenvolvimento de habilidades, valores e atitudes, que contribuem para o desenvolvimento da personalidade integral dos estudantes.

Desenvolver, de modo planejado e dirigido, conceitos em isomeria nos futuros professores de química, pela via da formação de habilidades, para que eles aprendam o conteúdo isomeria como um saber necessário a sua base de conhecimentos da profissão de professor de química. A prática pedagógico-didática vivenciada pelos licenciandos em química, precisa dedicar especial atenção ao planejamento de estratégias didáticas para desenvolver a habilidade explicar, de modo a prover-lhes referenciais para o ensinar a formar essas habilidades em seus futuros estudantes. Considerando a abordagem desenvolvida neste capítulo, verifica-se a potencialidade da teoria da formação planejada das ações mentais e

⁶² Tal proposta não guarda semelhança com o modelo tecnicista, no qual, as estratégias cognitivas não são mais que comportamentos práticos para transformar o estudante num sujeito prático, competente, e onde não se dá importância a sua atividade mais autônoma por parte do aluno, nem sua disposição de aprender (LIBÂNEO, 2009).

dos conceitos, de Galperin, nesse sentido. Nos próximos capítulos, é apresentada e discutida uma proposta nessa direção, cujos aspectos metodológicos são indicados a seguir.

5 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Nesta parte do trabalho apresenta-se a metodologia da pesquisa, visando atender aos objetivos elencados e a tese a ser defendida em torno do desenvolvimento do Sistema Didático para a formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros. O percurso seguido contemplou dois momentos, dialeticamente relacionados. O primeiro, o ponto de partida, constou da análise das fontes documentais. Esse procedimento buscou suscitar elementos quanto ao ensino-aprendizagem de isomeria para, na interlocução com autores do referencial adotado, subsidiar a proposição do Sistema Didático. A seguir, serão destacados os principais pressupostos assumidos, as estratégias metodológicas, os instrumentos de coleta dos dados e os procedimentos usados para as suas análises.

5.1 PRESSUPOSTOS DA PESQUISA

Nesta pesquisa, parte-se do pressuposto de que para compreender as questões educacionais relacionadas ao ensino de química não é possível utilizar a lógica da ciência química. Ao mesmo tempo, corroborando com Benite (2009, p.11)⁶³, “[... não é possível apropriar-se, tampouco compreender a química e a realidade que a química nos introduz, mediante uma intencionalidade não correspondente à realidade química”. Considerando essa necessidade, assumiu-se o enfoque materialista dialético e histórico como posição teórico-metodológica geral para pesquisa, a fim de viabilizar a execução dos objetivos almejados. Assume-se que ele representa um caminho epistemológico eficaz para a interpretação da realidade e para contribuir para a formação de habilidades no ensino de química.

O materialismo dialético e histórico “[...] tem se firmado enquanto movimento tríplice que se institui como concepção ou postura, investigação propriamente dita e práxis. É este movimento que propicia a crítica, a construção de conhecimento novo e uma nova síntese no plano do conhecimento e da ação” (FRIGOTTO, 1997). Como possibilidade teórico-metodológica, ele tem proporcionado uma base sólida para pesquisas em educação que buscam a lógica interna do processo, a dinâmica e as contradições do que é observado na realidade. É sob os seus fundamentos que se amparam os referenciais do Enfoque Histórico-Cultural, que foi tomado nesta pesquisa como a base para as posições no plano epistemológico, psicológico e pedagógico.

⁶³ Baseada em (KOSIK, 1969) ao discutir os posicionamentos de Marx sobre os fenômenos da realidade.

A partir das ideias de autores do Enfoque Histórico-Cultural, buscou-se a compreensão do movimento em torno do ensino-aprendizagem em isomeria e o desenho de um Sistema Didático para a formação de habilidade particular, que contribui para o desenvolvimento de uma habilidade mais geral, a habilidade de explicar as propriedades das substâncias. As habilidades podem ser estudadas tanto do ponto de vista psicológico quanto do ponto de vista didático-pedagógico. Com base no referencial adotado, corroborando-se com Núñez (2010), essa categoria é assumida na pesquisa dentro uma perspectiva que integra ambos os pontos de vista. Levando-se em conta também esses aspectos o desenvolvimento da proposta para a formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros foi um processo organizado e conduzido fundamentando-se, principalmente, nas contribuições teórico-metodológicas de Galperin (2001, 1986), Talízina (2009, 1987) e Núñez (2013, 2010, 2009, 1992).

Considerando a concepção engeliana-marxiana de que a produção material da vida engendra todas as formas de relações humanas, a formação profissional tornou-se imprescindível e central nesta pesquisa. Fundamentando-se nas concepções de Núñez e Ramalho (2012, 2010) sobre a identidade e a formação profissional do professor, cujas bases se assentam no Enfoque Histórico-Cultural, o processo investigativo foi tomado na perspectiva da formação profissional do professor de química. Com essa compreensão, o delineamento metodológico foi associado ao agir do licenciando em química, na perspectiva de se tornar um futuro professor de química.

A proposição do Sistema Didático foi situada tanto para os contextos onde deve se formar a habilidade explicar as propriedades das substâncias isoméricas quanto para onde ela deverá ser ensinada. Portanto, assume-se que o percurso metodológico proposto se volta às necessidades exigidas para a relação entre a formação inicial de professores de química e a química escolar.

Entendendo-se que o licenciando em química deve aprender na perspectiva de saber ensinar, dando significância à relação entre a sua atividade de formação inicial e a sua futura atividade profissional, as etapas do percurso metodológico da pesquisa se alinharam aos seguintes posicionamentos do Enfoque Histórico-Cultural, destacados por Saviani:

- a) Identificação das formas mais desenvolvidas em que se expressa o saber objetivo produzido historicamente, reconhecendo as condições de sua produção e compreendendo as suas principais manifestações, bem como as tendências atuais de transformação;
- b) Conversão do saber objetivo em saber escolar de modo a torná-lo assimilável pelos alunos no espaço e tempo escolares;
- c) Provimento dos meios necessários para que os alunos não apenas assimilem o saber objetivo enquanto resultado, mas aprendam o processo de sua produção bem

como as tendências de sua transformação. (SAVIANI, 1997, p. 14).

Na busca por subsídios para a proposição do Sistema Didático, além da leitura das obras desses e de outros autores do referencial assumido, o pesquisador buscou apreender e compreender a realidade existente na formação de conceitos e habilidades no ensino-aprendizagem de isomeria. Para tanto, tomou-se a posição de que:

(...) a realidade não se apresenta aos homens, à primeira vista, sob o aspecto de um objeto que cumpre intuir, analisar e compreender teoricamente, cujo pólo oposto e complementar seja justamente o abstrato sujeito cognoscente, que existe fora do mundo e apartado do mundo; apresenta-se como campo em que se exercita sua atividade prático-sensível, cujo fundamento surgirá a imediata intuição prática de realidade. No trato prático-utilitário com as coisas – em que a realidade se revela como mundo dos meios, fins, instrumentos, exigências e esforços para satisfazer estas – o indivíduo em ‘atuação’ cria suas próprias representações das coisas e elabora todo um sistema correlativo de noções que capta e fixa o aspecto fenomênico da realidade (KOSIK, 1995, p. 14).

Esse procedimento foi levado em conta tanto na coleta, no tratamento e na análise dos dados para subsidiar a estruturação do Sistema Didático, quanto no desenvolvimento do mesmo.

Nesse movimento de compreensão do processo, destaca-se que "[...] em qualquer fase do conhecimento o investigador precisa recorrer ao endurecimento do objeto que estuda, a 'solidificá-lo', a considerá-lo temporalmente como algo quieto, imutável. Só assim se pode desentranhar sua essência e conhecê-lo no movimento" (ANDRÉIEV, 1984, p.158). Nesse sentido, tomou-se cuidado à interferência da subjetividade pessoal do pesquisador, ao se utilizar recursos teórico-metodológicos, na coleta, no tratamento e na análise de dados, a fim de que a pesquisa não se limitasse a uma tentativa de ratificar uma ideia prévia pessoal sobre o objeto investigado. Porém, conforme atenta Duarte (2004), ao mesmo tempo, teve-se consciência da subjetividade pessoal e assumindo-a como parte do processo investigativo. Tal posicionamento ganha mais destaque nesta pesquisa pelo fato de que, intencionalmente, também se pretende que o Sistema Didático proposto contribua para a formação inicial dos futuros professores de química. Mais. Que ele possibilite reflexões sobre alternativas ao ensino-aprendizagem de química e, mutuamente, para que os futuros professores se reconheçam como sujeitos das mudanças educacionais necessárias para a sociedade, incluindo a sua formação profissional.

Como método de conhecimento, as características contidas na dialética marxista potencializam a perspectiva de sua contribuição à superação de uma dicotomia entre a pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa no campo educacional. Além do mais, buscar a

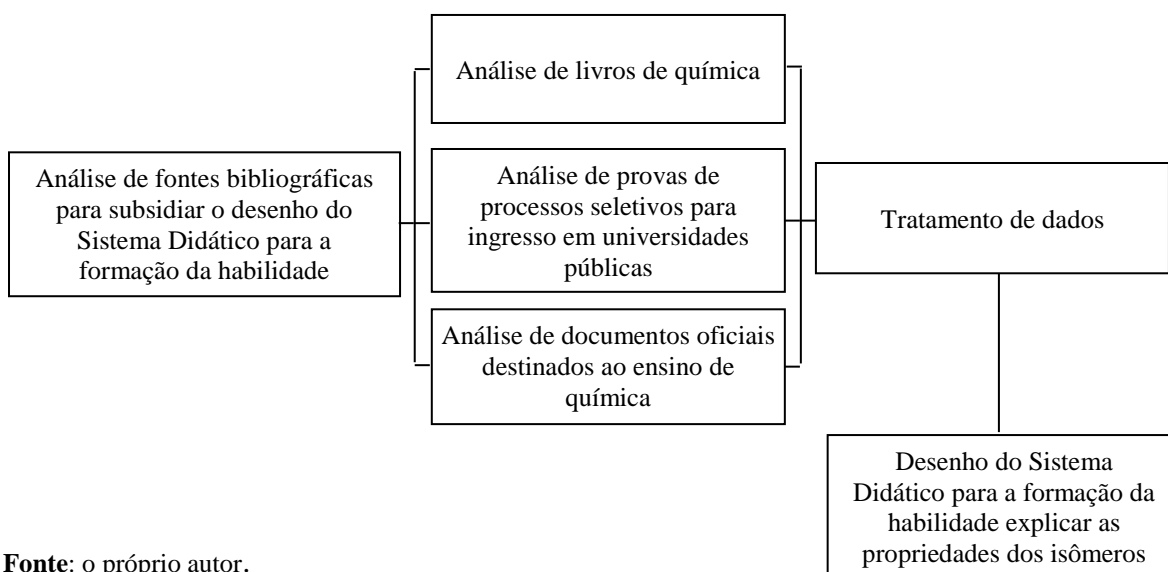
superação dessa falsa antinomia entre o qualitativo e o quantitativo é uma tendência nas pesquisas educacionais (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012). Por isso, nesta investigação, utilizaram-se procedimentos qualitativos para a obtenção e análise de dados e interpretação dos dados, que em alguns momentos foram trabalhados forma quantitativa, em termos de frequências percentuais, tendo-se em vista a compreensão do processo e não apenas a preocupação com o produto. Esse tratamento se voltou a reunir e elementos para possibilitar uma melhor interpretação dos fenômenos e a atribuição dos significados na explicação dos dados obtidos.

A pesquisa desenvolvida alinha-se às investigações de natureza exploratória, que buscam estudar a realidade, objetivando compreendê-la e modificá-la. Propostas nesse sentido têm sido utilizadas quando se pretende possibilitar um maior conhecimento a respeito de um problema, de modo a torná-lo mais claro ou auxiliando na formulação de hipóteses, gerando, na maioria dos casos, uma pesquisa bibliográfica-documental ou um estudo de caso (GIL, 2002, p. 41). Para Fiorentini e Lorenzato (2006), a pesquisa exploratória pode envolver a análise de fontes bibliográficas e documentais, com a finalidade de obter informações ou dados mais esclarecedores e consistentes sobre o tema abordado. Esse tratamento metodológico foi efetuado nesta pesquisa, conforme será visto a seguir.

5.2 ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

O esquema 2 traz uma visão geral do percurso trilhado na investigação.

Esquema 2 - Percurso metodológico trilhado na investigação



Fonte: o próprio autor.

As estratégias adotadas na pesquisa se submeteram à tipologia das fontes e aos fundamentos teórico-metodológicos escolhidos para a proposição do Sistema Didático. Para efetivá-las, necessitou-se utilizar uma série de procedimentos encadeados, que pudessem permitir o domínio e controle dos dados. Para o estabelecimento desses procedimentos, consideraram-se os pressupostos metodológicos da dissecação do objeto (KOSIK, 1986), de modo a estabelecer um encadeamento de natureza exploratória apoiado nas técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 2002). Seguindo as recomendações para procedimentos metodológicos nessa direção, realizou-se uma seleção de documentos para se constituírem num *corpus* para apreciação do conteúdo isomeria. A adequação dessa técnica às pesquisas educacionais com enfoque epistemológico no materialismo histórico-dialético tem sido apontada na literatura (BENITE, 2009). Ela se adéqua às investigações que “[...] querem dizer não à *“ilusão da transparência dos fatos sociais”*, recusando ou tentando se afastar dos perigos da compreensão espontânea” (BARDIN, 2002, p.30, grifo do autor).

Em continuidade são detalhadas as etapas seguidas no percurso metodológico adotado.

5.2.1 Investigação da abordagem do conteúdo isomeria em fontes bibliográficas

A análise de fontes bibliográficas-documentais foi tomada como uma estratégia de pesquisa. Conforme discutem autores como Oliveira (2007), ela é uma modalidade integrante das pesquisas cujo principal objetivo é proporcionar aos pesquisadores o contato direto com obras ou documentos de domínio científico, que tratem do tema em estudo. Para atender aos objetivos desta pesquisa, visando reunir elementos para a proposição do Sistema Didático, a investigação da abordagem do conteúdo isomeria foi realizada três conjuntos de fontes: i) livros de química; ii) provas de concursos para ingresso em universidades públicas; e iii) documentos oficiais do sistema educacional brasileiro. Na sequência serão explicitadas as fontes para análise de abordagem da isomeria e descritos os critérios estabelecidos para selecioná-las.

5.2.1.1 A seleção das fontes de pesquisa

A escolha das fontes se sustenta no critério estabelecido por Oliveira (2007) para as pesquisas dessa natureza e na concepção de Núñez e Ramalho (2011) de que a análise desses tipos de fontes pode proporcionar uma visão mais ampla das mudanças para a o ensino de química escolar, a partir do conteúdo e das características contempladas nesses materiais. A

delimitação dessas fontes, o recorte utilizado, foi proposta a partir da compreensão de que captar a realidade da organização do ensino-aprendizagem de isomeria em sua totalidade não significa ter de se apreender de todos os fatos, mas desenvolver um amplo conjunto de relações, envolvendo particularidades e detalhes, presentes em uma totalidade. Com isso, buscou-se apreender uma parte das relações que compõe o todo no processo de ensino-aprendizagem de isomeria, em especial ao que diz respeito à sua relação com a habilidade explicar as propriedades das substâncias.

Os livros, as provas de concursos públicos e os documentos oficiais para o ensino de química foram tomados como produtos culturais, que contêm e divulgam a materialidade histórica dos processos de produção e reprodução do conhecimento químico. Considerando o momento em que foram produzidos e os objetivos aos quais se direcionam, assumiu-se que nesses objetos há a expressão de formas em que se expressam o conteúdo isomeria, situadas historicamente em um contexto de ensino-aprendizagem legalmente direcionado à formação de habilidades. No entanto, com essa proposição, também se considerou que as análises desses materiais não se orientassem apenas ao imediatamente presente, mas que os considerassem à luz de uma totalidade social no ensino-aprendizagem de química.

5.2.1.1.1 Os documentos oficiais destinados selecionados

Realizou-se uma seleção em documentos oficiais do sistema educacional brasileiro para reunir uma amostra que servisse de referência à investigação da isomeria como um componente curricular a ser abordado oficialmente no ensino médio. Compreendendo a necessidade de articular a formação inicial do professor e o principal contexto da sua atividade profissional, foram escolhidas as seguintes fontes:

- i) Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) (BRASIL, 2006);
- ii) Diretrizes Curriculares para os Cursos Superiores de Química (ZUCCO; PESSINE; ANDRADE, 1999).
- iii) Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2012);

5.2.1.1.2 Os livros de química orgânica selecionados

Na pesquisa sobre a abordagem da isomeria nos livros didáticos, interessou-nos investigar a conexão entre a forma pela qual a comunidade químico-científica divulga a sua produção material e a comunidade-químico escolar a utiliza no processo de ensino-

aprendizagem. Por isso, a escolha dos livros de química orgânica foi orientada na busca por obras destinadas a diferentes níveis de ensino de química, que estivessem associadas à formação de professores. Isso resultou na seleção de dez livros, agrupados da seguinte forma: i) livros de química orgânica de estudos avançados; i) livros de química orgânica do ensino superior, nível de graduação; iii) livros de química orgânica do ensino médio. As especificações dessas obras são indicadas no quadro 6.

Quadro 6 - Livros de química orgânica alisados, quanto à abordagem do conteúdo isomeria, para proporcionar subsídios na estruturação do Sistema Didático

Nível de ensino	Código	Livro
Ensino médio	LM1	MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química – ensino médio . 1ed. v. 2. São Paulo: Scipione, 2010.
	LM2	SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (Org.) Química cidadã . 1ed. v. 3. São Paulo: Nova Geração. 2010.
	LM3	FONSECA, M. R. M. Química: meio ambiente, cidadania e tecnologia . 1ed. v. 3. São Paulo: FTD, 2011.
	LM4	PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano . v.3.4ed. São Paulo: Moderna, 2010.
	LM5	LISBOA, J. C. F. (Org.) Ser protagonista: Química . 1ed. v. 3. São Paulo: SM, 2010.
Ensino superior	LS1	BRUICE, P. Y. Química orgânica . São Paulo: Pearson Education do Brasil, 4. ed. 2006.
	LS2	SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. Química Orgânica , vol. 1. 9 ed. LTC, 2009.
	LS3	MCMURRY, J. Química Orgânica vol. 1. Editora CENGAGE Learning. Tradução da 6ª Edição Norte Americana, 2008
Estudos avançado	LA1	CAREY, F. A.; SUNDBERG, R. J. Advanced Organic Chemistry . Part A: Structure and Mechanisms. 5a. Ed. New York:Springer. 2007.
	LA2	SMITH, M. B.; MARCH J. March's Advanced Organic Chemistry . Reactions, mechanisms, and structure. 6a ed. John Wiley & Sons. 2007.

Fonte: o próprio autor

Os livros de química orgânica avançada (LA1 e LA2) são livros utilizados pela comunidade químico-científica. Eles foram escolhidos por serem dois dos principais livros utilizados, por pesquisadores da química orgânica e de áreas correlatas, que costumeiramente são professores de disciplinas de química orgânica em cursos de licenciatura em química. Além disso, são bastante recomendados como bibliografia para os conteúdos programáticos de disciplinas dos cursos de química orgânica, em diferentes programas de pós-graduação, dos quais muitos desses professores-pesquisadores integram os seus quadros docentes e onde muitos professores de química desenvolvem formações continuadas.

Os três livros de química do ensino superior selecionados são usual e amplamente utilizados pela comunidade químico-acadêmica, no ensino de química orgânica universitário. Ao se realizar um levantamento nos programas de disciplinas de química orgânica, foi possível verificar as suas indicações nas bibliografias das disciplinas de química orgânica vinculadas às matrizes curriculares de cursos de formação de professores de química no Brasil.

Os livros do ensino médio escolhidos para essa parte da investigação foram aprovados no Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - PNLEM 2012 (BRASIL, 2011). Tais obras foram submetidas a um criterioso processo de seleção pública, que contou com a participação de vários especialistas em ensino de química do País. Atualmente, são os livros universalizados, oficial e gratuitamente, a todos os professores de química e a todos os estudantes das escolas públicas brasileiras.

5.2.1.1.3 *Os processos seletivos selecionados*

A escolha dos processos seletivos para terem as suas provas de química analisadas buscou reunir propostas avaliativas que, em sua diversidade, fossem representativas de abordagens associadas às atuais recomendações ao ensino de química no País. O universo amostral para essa parte da investigação resultou em dois grupos: i) os sistemas seriados de avaliação (SSA)⁶⁴ de algumas universidades públicas brasileiras; e ii) o ENEM.

5.2.1.1.3.1 *Os Sistemas Seriados de Avaliação (SSA)*

Os Sistemas de Avaliação Seriada (SAS) resultam de propostas para ingresso na universidades públicas, implantadas como alternativas ao vestibular. Referendados nas disposições legais da LDB/96⁶⁵, os exames ocorrem em três etapas, correspondentes a cada ano letivo do ensino médio. Para delimitação do quadro amostral dessa parte da pesquisa, inicialmente, realizou-se um levantamento das universidades federais e estaduais que adotam o sistema de avaliação seriada (apêndice 1). Aos SSA existentes, foram aplicados três critérios de seleção: i) apresentação da isomeria como item dos seus conteúdos programáticos; ii)

⁶⁴ As universidades adotam diferentes terminologias para esse tipo de seleção processual. Adotou-se esse termo porque ele transmite de forma simples e coesa a ideia contida nesse tipo de proposta.

⁶⁵ Essa lei determinou que o concurso vestibular realizado em uma única etapa não se constituiria mais como a única forma de seleção para o ingresso no ensino superior.

adequação das suas propostas avaliativas às orientações das políticas públicas educacionais; e iii) disponibilização dos manuais e provas na internet.

As análises dos manuais do candidato foram realizadas, de modo inicial, por meio da busca da listagem de conhecimentos tradicionalmente associados ao conteúdo isomeria. Em seguida, foi investigado o alinhamento da proposta avaliativa às orientações contidas nos documentos oficiais para o ensino de química escolar no País (BRASIL, 2006; 2005). Para tanto, verificaram-se fragmentos de textos que expressassem, de forma intencional ou associativa, a ideia de uma avaliação de habilidades e/ou competências desenvolvidas no ensino médio. Com isso, 13 universidades públicas, 8 federais e 5 estaduais, atenderam aos critérios estabelecidos e fizeram parte da amostra (quadro 7).

Quadro 7 - Relação de universidades com sistema de avaliação seriada, que foram investigados em relação à abordagem do conteúdo isomeria

	Universidade Pública (Sigla)	Nome do processo seletivo na instituição (Sigla)
F E D E R A I S	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	Programa de Ingresso Misto (PISM)
	Universidade Federal do Pará (UFPA)	Programa Seletivo Seriado (PSS)
	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	Processo Seletivo Seriado (PSS)
	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	Programa de Ingresso ao Ensino Superior (PEIES)
	Universidade Federal de Sergipe (UFS)	Processo Seletivo Seriado (PSS)
	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	Programa de Ação Afirmativa de Ingresso no Ensino Superior (PAAES)
	Universidade Federal de Pelotas (UFPEl)	Programa de Avaliação da Vida Escolar (PAVE)
	Universidade de Brasília (UnB)	Programa de Avaliação Seriada (PAS)
E S T A D U A L I S	Universidade Estadual de Goiás (UEG)	Sistema de Avaliação Seriada (SAS)
	Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES)	Programa de Avaliação Seriada para Acesso ao Ensino Superior (PAES)
	Universidade Estadual do Pará (UEPA)	Programa de Ingresso Seriado (PRISE)
	Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)	Processo Seletivo Seriado (PSS)
	Universidade de Pernambuco (UPE)	Sistema Seriado de Avaliação (SSA)

Fonte: o próprio autor

As provas escolhidas para análise se referiam aos ciclos de SSA que finalizaram, respectivamente, em 2011 e 2010. Como o conteúdo isomeria constava apenas do programa do SSA3, foram analisadas 90 provas dessa terceira etapa, nas quais existiam 153 questões de química.

5.2.1.1.3.2 O ENEM

As questões do ENEM foram escolhidas para atuarem com fontes de pesquisa porque esse exame tem se efetivado como um instrumento para a aferição do desenvolvimento de habilidades na educação básica. Além do mais, ele passou a ser utilizado como critério parcial ou exclusivo para o ingresso em universidades brasileiras. Entre 1998 a 2008, o ENEM⁶⁶ consistia de uma prova composta de uma redação e por 63 questões objetivas, de múltipla escolha, constando de 5 alternativas de respostas (a, b, c, d, e). As questões eram formuladas a partir de uma Matriz de Competências, e não de conteúdos específicos das diversas áreas do conhecimento, conforme ocorre no vestibular. Nas disposições das provas, as questões não eram separadas por disciplinas e as suas ordens eram aleatórias.

A partir de 2009, a estruturação das provas passou a se guiar em quatro matrizes, uma para cada área de conhecimento, como a das Ciências da Natureza e suas tecnologias, que abrange os conteúdos de Química, Física e Biologia. As provas de cada área são compostas por 45 questões, ainda de múltipla escolha.

A análise das questões do ENEM foi realizada para as provas aplicadas (e válidas) no período de 1998 a 2012. Desse modo, foram investigadas 1.153 questões⁶⁷.

5.2.1.2 A Análise da abordagem do conteúdo isomeria nas fontes de pesquisa

5.2.1.2.1 A análise dos documentos oficiais

A análise dos documentos oficiais foi realizada a partir da leitura dos respectivos textos e do levantamento de informações associadas aos conteúdos de isomeria. Quando essa referência não esteve explícita, buscou-se apreender outras informações sobre os conteúdos químicos conceituais, tanto nas suas relações com a formação inicial do professor de química quando com a atividade profissional do professor de química no ensino médio.

⁶⁶ O ENEM foi criado pela Portaria n. 438, de 28 de maio de 1998 (BRASIL, 1998a) do Ministério da Educação e Cultura (MEC).

⁶⁷ As questões de química estão indicadas nas tabela 3 a 6, apresentadas no apêndice.

5.2.1.2.2 *A análise dos livros de química orgânica*

Considerando que não existe um modelo de livro didático que se possa ter como referência como parâmetro de crítica aos demais, a análise nos livros de química orgânica foi direcionada a compreender a abordagem da isomeria a partir do tratamento didático outorgado ao isomerismo. Corroborando com orientações metodológicas do referencial assumido (KOSIK; 1976), assumiu-se que a essência do fenômeno não está explicitamente exposta em sua concreticidade aparente, mas, ela se revela pelo desvelamento de suas mediações e de suas contradições internas fundamentais. Para tanto, analisou-se a abordagem da isomeria quanto aos aspectos teóricos (conceituais e representacionais) e fenomenológicos relacionados às substâncias isoméricas, a partir das seguintes relações contraditórias: integração e compartimentalização; diversidade e articulação; significância e restrição. Acredita-se que essas relações retratam a intervinculação e interdependência entre forma e conteúdo da abordagem dos livros de química orgânica em relação à isomeria.

5.2.1.2.1.1 *As categorias de análise dos livros de química orgânica*

Para suscitar elementos para analisar as relações contraditórias destacadas e estabelecer um guia para o desmembramento do conteúdo, levantou-se um conjunto de questionamentos, que estão elencados a seguir.

- Quais conhecimentos constantes nas abordagens do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica dos diferentes níveis de ensino?
- Qual a orientação seguida pelos livros na seleção e na estruturação desses conhecimentos?
- Como é apresentada a complexidade do conceito isômeros?
- Como é definido o conceito de isômeros?
- Com é tratada a relação composição-estrutura química sobre diversidade qualitativa e qualitativa dos isômeros, e sobre a sua influência nas propriedades e nas possíveis aplicações dessas substâncias?
- Há uma preocupação em apresentar a origem das ideias do desenvolvimento do isomerismo?
- A isomeria é tratada como consequência da atividade humana, sujeita a influências de fatores sociais, econômicos e socioculturais, com implicações ambientais?

- Há tratamento relacional entre os aspectos fenomenológicos, teóricos e representacionais nos planos didáticos seguidos pelos livros?
- Trabalha-se para a formação de procedimentos, atitudes e valores junto com a apropriação conceitual?
- Os textos utilizam explicações nas abordagens sobre objetos e fenômenos?
- O tratamento utilizado contribui para desenvolver uma forma química para pensar o mundo natural e o mundo social, e para explicá-los?
- Os livros se utilizam de uma perspectiva dialógica, estimulando a aproximação com o conteúdo e a interação entre sujeitos?
- A abordagem do conteúdo estimula a formação da habilidade de explicar?

Para dar respostas a esses interrogantes, estabeleceu-se um conjunto de categorias e subcategorias de análise. Essas categorias analíticas foram propostas para orientar o processo de coleta de informações e “dissecação” do conteúdo avaliado, em relação ao objeto de pesquisa. As compreensões em torno das mesmas se associam às considerações teóricas contidas em estudos de Núñez e colaboradores (PEREIRA; UEHARA; NÚÑEZ, 2012; NÚÑEZ; RAMALHO, 2013, 2011; UEHARA; NÚÑEZ, 2011; RIBEIRO; NÚÑEZ, 2004; NÚÑEZ *et al.*, 2004, 2003). Tais estudos incluem a análise de livros didáticos de ciências, como parte dos saberes necessários à profissionalização do professor, e as análises pedagógicas de provas químicas.

A seguir se descrevem algumas categorias, nas quais os seus respectivos significados precisam ser expressos, pois as terminologias indicadas não a contemplam de modo direto ou porque há polissemia em torno da mesma.

Estruturação Linear – Sequência de organização dos conteúdos, associados aos diferentes conceitos de isômeros, realizada de modo justaposto e declarativo.

Estruturação relacional - Sequência de organização dos conteúdos, associados aos diferentes conceitos de isômeros, realizada de modo associativo.

Contextualização - Um recurso pedagógico, de caráter formativo e motivacional, que estabelece significações para destacar que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto (UEHARA; NÚÑEZ; 2011).

Ênfase informativa - Aplicações do conhecimento químico em isomeria de forma contextualizada, limitando-se a ilustrar um texto.

Ênfase motivacional - Aplicações do conhecimento químico em isomeria de forma contextualizada, no início da abordagem de um capítulo ou de um tema, indicando a diversificação estrutural e em termos de propriedades exibidas por substâncias isoméricas.

Ênfase problematizadora - Aplicações do conhecimento químico em isomeria de forma contextualizada, como ponto de partida para discussões retomadas posteriormente.

Ênfase formativa - Aplicações do conhecimento químico em isomeria de forma contextualizada, estimulando o desenvolvendo atitudes e valores frente a questões ambientais, econômicas, éticas e sociais.

Problema - Uma situação que exige uma mobilização de conteúdos e não está associada a uma resolução imediata.

Exercícios - Uma situação que envolve aplicações diretas de rotinas automatizadas, nas quais se que expressam sequências conhecidas.

Habilidade reconhecer – Realização de ações para caracterizar o objeto do reconhecimento e estabelecer a relação com o conceito.

Habilidade identificar – Realizações de ações para incluir objetos em um determinado conceito, por meio do uso das características necessárias e suficientes do conceito generalizadas nesses objetos.

Habilidade explicar – Realização de ações para diferenciar o fenômeno da sua essência, conectando a situação final e a inicial do fato apresentado, por meio de diversas relações causa-efeito.

Explicações - Compreendidas como uma forma mediadora da comunicação, materializada em discurso construído a partir da linguagem verbal, por meio de procedimentos da composição escrita.

O quadro 8 sumariza essa apresentação das acategorias analíticas utilizadas na investigação sobre a abordagem da isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino.

Quadro 8 - Categorias e subcategorias utilizadas na investigação sobre a abordagem da isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

Conceito de isômeros	Estruturação	Linear		
		Relacional		
	Classificação	Tipificadora	Isômeros constitucionais Isômeros <i>cis-trans</i> Isômeros <i>Z-E</i> Enantiômeros com C*	
		Articuladora	Diastereoisômeros oticamente ativos com C* Enantiômeros sem C* Compostos meso Isômeros conformacionais	
	Definição	Ocorrência	Introduzindo a temática de forma enunciativa	
			Generalizando uma discussão prévia, permeada pela apresentação de diferentes exemplos	
		Lógica utilizada	Pelo conjunto de características necessárias e suficientes indicadas: mesma composição química estruturas diferentes	
	Por características não-essenciais			
	Contextualização	Histórica	Personagem	
			Fato	
			Fenômeno	
		Propriedades	Qualitativas	
Quantitativas				
Aplicações		Ciência		
		Tecnologia		
	Sociedade			
	Ambiente			
		Ilustrativa Motivacional Problematizadora Formativa		
Linguagem	Química	Representações estruturais	Fórmula estrutural	
			Modelo molecular	
	Equação química			
Verbal				
Tipos de atividades	Resolução de problemas	Exercícios	Habilidade reconhecer	
		Problemas	Habilidade identificar Habilidade explicar	
Experimentação				
Explicação	Descritiva	Direcionada ao objeto		
		Direcionada ao fenômeno		
Causal				

Fonte: o próprio autor

5.2.1.2.1.2 A coleta de dados nos livros de química

A coleta de dados nos livros de química orgânica foi realizada por meio do registro de respostas em protocolos de análises, os mapas de registros, desenvolvidos para essa finalidade. Esses protocolos foram produzidos considerando-se as associações entre as

questões de interesse e as categorias estabelecidas, conforme nos mostrado a seguir (quadros 9, 10, 11 e 12).

Quadro 9 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes à estruturação do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

QUESTÕES DE INTERESSE										
<ul style="list-style-type: none"> Quais conhecimentos constantes nas abordagens do conteúdo isomeria nos livros? Qual a orientação seguida pelos livros na seleção e na estruturação desses conhecimentos? Como é apresentada a complexidade do conceito isômeros? 										
RESPOSTAS										
Conhecimentos presentes nos livros	Ordem de ocorrência /Página									
	Estudos avançados		Ensino superior			Ensino médio				
	LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5

Fonte: o próprio autor

Quadro 10 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes às definições utilizadas nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino para o conceito isômeros

QUESTÃO DE INTERESSE					
<ul style="list-style-type: none"> Como é definido o conceito de isômeros? 					
RESPOSTAS				Página(s)	
Conceito	Definição	Ocorrência	Introduzindo a temática de forma enunciativa		
			Generalizando uma discussão prévia, permeada pela apresentação de diferentes exemplos		
		Lógica utilizada	Pelo conjunto de características necessárias e suficientes: mesma composição química estruturas diferentes		
			Associando a características essenciais (propriedades)		
			Por características não-essenciais		

Fonte: o próprio autor

Quadro 11 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes aos aspectos fenomenológicos na abordagem da isomeria nos livros de química orgânica

QUESTÕES DE INTERESSE							
<ul style="list-style-type: none"> Com é tratada a relação composição-estrutura química sobre diversidade qualitativa e qualitativa dos isômeros, e sobre a sua influência nas propriedades e nas possíveis aplicações dessas substâncias? Há uma preocupação em apresentar a origem das ideias do desenvolvimento do isomerismo? A isomeria é tratada como consequência da atividade humana, sujeita a influências de fatores sociais, econômicos e socioculturais, com implicações ambientais? Há tratamento relacional entre os aspectos fenomenológicos, teóricos e representacionais nos planos didáticos seguidos pelos livros? Trabalha-se para a formação de procedimentos, atitudes e valores junto com a apropriação conceitual? 							
RESPOSTAS (Páginas)							
Conceito	Contextualização	Histórica	Personagem	Ilustrat	Motivac	Problem	Formativ
			Fato				
			Fenômeno				
		Propriedades	Qualitativa				
			Quantitativa				
		Aplicações	Ciência				
			Tecnologia				
			Sociedade				
			Ambiente				

Fonte: o próprio autor

Quadro 12 - Protocolo de respostas para coleta de dados referentes à habilidade explicar na abordagem da isomeria nos livros de química orgânica

QUESTÕES DE INTERESSE					
<ul style="list-style-type: none"> Os textos utilizam explicações nas abordagens sobre objetos e fenômenos? O tratamento utilizado contribui para desenvolver uma forma química para pensar o mundo natural e o mundo social, e para explicá-los? Os livros se utilizam de uma perspectiva dialógica, estimulando a aproximação com o conteúdo e a interação entre sujeitos? A abordagem do conteúdo estimula a formação da habilidade de explicar? 					
RESPOSTAS					Páginas
Linguagem	Química	Representações estruturais	Fórmula estrutural	Traços	
				Linhas	
			Condensada		
			3D		
		Modelo molecular	Bolas e varetas		
			Espaço preenchido		
Equação química					
Verbal					
Tipos de atividades	Resolução de problemas	Exercícios	Habilidade reconhecer Habilidade identificar Habilidade explicar		
		Problemas			
	Experimentação				
Explicação	Descritiva	Direcionada ao objeto			
		Direcionada ao fenômeno			
	Causal				

Fonte: o próprio autor

Os levantamentos realizados nos livros de química orgânica para coleta de dados constaram, inicialmente, de leituras preliminares de cada uma das dez obras, nas páginas indicativas de conhecimentos associados à abordagem da isomeria. Nos livros de estudos avançados e nos livros do ensino superior, além do sumário, tomou-se maior atenção às páginas indicativas dos índices remissivos que continham grafados os termos: teoria estrutural, Berzelius, Butlerov, Wöhler, isomerismo, isômeros, isômeros constitucionais, estereoisômeros, enantiômeros, isômeros conformacionais e estereoquímica, ou suas respectivas traduções para o inglês. Em seguida, partiu-se para o registro das informações de cada livro, por página, apoiando-se nos protocolos de resposta.

Registraram-se inicialmente os padrões temáticos utilizados na estruturação do conteúdo, considerando-se as suas respectivas ordens de ocorrência. Para os registros, buscaram-se termos expressos nos títulos dos tópicos utilizados nas organizações dos capítulos e/ou dos termos referentes aos conhecimentos isomeria distribuídos no corpo do texto. Em seguida, realizaram-se particularizações do exercício anterior, para se visualizar com maior precisão os resultados obtidos no sequenciamento dedicado às tipologias de isômeros. Então, coletaram-se as informações referentes às demais categorias.

5.2.1.2.1.3 *Organização e tratamento dos dados nas análises dos livros de química*

Os dados coletados foram organizados e comparados, com a ajuda de instrumentos desenvolvidos para essa finalidade (apêndice 2). Com base nas categorias de análise elencadas, foram propostos indicadores para qualificar as respostas obtidas. O estabelecimento das relações quantitativas para configurar esses indicadores qualitativos se baseou na relação entre a ocorrência dos exemplos citados dentro de cada (sub)categoria analisada. As categorias analíticas relacionadas a aspectos da contextualização do conceito tiveram os mesmos indicadores de respostas, sendo eles: i) Abordagem restrita e limitada a poucos exemplos (RL); Abordagem restrita, mas utilizando-se de muitos exemplos (RM); Abordagem processual, mas limitada a poucos exemplos (PL); Abordagem processual e utilizando muitos exemplos (PM).

Nesse sentido, para fins de análises: i) uma “abordagem restrita” se associava à limitação de algumas das classes de isômeros apresentados nos livros; ii) uma “abordagem processual” se associava a todas classes de isômeros apresentados nos livros; iii) uma abordagem “limitada a poucos exemplos” correspondeu ao intervalo de 1 a 3 ocorrências; e iv) uma abordagem “muitos exemplos” correspondeu a mais do que 3 ocorrências.

Os indicadores de respostas para a análise dos aspectos representacionais foram os seguintes: i) TL – Tipificadora e limitada a poucos exemplos; ii) TM – Tipificadora, mas utilizando-se de muitos exemplos; iii) AL – Correlacional, mas limitada a poucos exemplos; iv) CM – Correlacional e utilizando muitos exemplos. A partir desses indicadores foram analisadas as relações entre as formas de linguagem química e a linguagem verbal (escrita).

No tratamento dos resultados, procurou-se avaliar tendências das organizações seguidas no conjunto dos livros investigados. As suas análises foram realizadas visando a constante busca por um conjunto amplo de relações, particularidades e detalhes, que possibilitassem captar o movimento da abordagem da isomeria dentro da sua singularidade e na totalidade na qual ela está imersa. Para tanto, utilizou-se o método dissecação do objeto (KOSIK, 1976).

As conexões entre seus elementos constituintes na estruturação do conteúdo foram analisadas conjuntamente para se desvelar as relações contraditórias integração e compartimentalização, e significância e restrição. Desse modo, inicialmente, buscou-se deixar de lado a análise dos elementos particulares no começo da análise e apreender a estruturação dos conhecimentos em isomeria nos livros de cada nível de ensino de química em seus movimentos com outros. Em um segundo momento, essa organização didática foi analisada a partir de sua especificidade, que pôde ser expressa nos resultados das análises efetuadas com base nas categorias analíticas selecionadas. Nesse procedimento, partiu-se para examinar as partes, procurando-se entender os seus detalhes, objetivando chegar à essência.

Apropriando-se dessa essência, retornou-se ao conjunto para se compreender, de forma enriquecida, sua verdadeira conexão com a totalidade em que se encontra. Dentro dessa totalidade é que foi realizada a análise das explicações contidas nos livros.

Da linguagem objetivada na composição escrita dos textos, é possível se conhecer intenções comunicativas, como as explicações, que podem ser investigadas por uma análise do seu conteúdo (BARDIN, 1977). A análise de conteúdo temática das explicações sobre as propriedades das substâncias isoméricas foi realizada no campo lógico-semântico, utilizando duas etapas: a de inventário, para isolar os elementos, e a de classificação, que reparte os elementos, para dar organização às mensagens. Os textos foram desmembrados em unidades a fim de serem revelados os diferentes “núcleos de sentidos” que constituem a comunicação. Esses “núcleos de sentido” foram categorizados inicialmente em: sentido descritivo, direcionando-se ao objeto ou ao fenômeno; no sentido causal, direcionando-se à relação entre objeto e fenômeno, causa-consequência. Posteriormente, foi efetuada uma categorização, com base em uma relação lógico-dialética, considerando as categorias selecionadas para o conceito

isômeros (indicadas anteriormente). Nesse sentido, a categorização utilizou o procedimento de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, posteriormente, por reagrupamento, com os critérios qualitativos anteriormente definidos para fornecer uma representação simplificada dos dados brutos.

5.2.1.2.3 A análise das questões de química dos processos seletivos

O processo de análise das questões de química dos SSA e do ENEM constou de uma etapa inicial de levantamento dos itens de teste que abordavam a isomeria. Depois, procedeu-se a investigação do conteúdo dessas questões com base nas categorizações propostas para o conceito isômeros na análise dos livros de química orgânica.

Os dados obtidos dessas questões também foram coletados e organizados com a utilização dos instrumentos desenvolvidos para a análise dos livros. Depois, eles foram interpretados e re-organizados em tabelas e gráficos.

5.2.2 Estruturação do Sistema Didático para a formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros

O Sistema Didático foi tomado como a célula organizadora do processo de ensino-aprendizagem e o ponto de partida da metodologia para a formação da habilidade a ser formada, levando-se em conta que a aprendizagem do futuro professor se configura como uma oportunidade para se pensar o ensino e a formação de habilidades na educação científica no ensino médio (NÚÑEZ, 2010). O seu planejamento foi assumido como um projeto de pesquisa sobre o ensino-aprendizagem de conteúdos específicos, buscando-se a incorporação de elementos para uma direção científica do ensino-aprendizagem e para a redução os possíveis efeitos da espontaneidade nesse processo. Os critérios para estabelecimento dos pressupostos do Sistema Didático se basearam, principalmente, nas categorias-chave da teoria de Galperin (2001) e nas considerações de Núñez (2009, 1999, 1996, 1992; NÚÑEZ; RAMALHO, 2013) sobre a formação de habilidades.

Dentro da compreensão de que “(...) todo método é um meio de obtenção de determinados resultados no conhecimento e na prática”. (KOPNIN, 1978, p. 91), os seguintes métodos teóricos foram utilizados para se promover a estruturação do Sistema Didático: o método histórico e lógico do conhecimento, o método de ascensão do abstrato para o concreto, o método de indução-dedução, o método de análise e síntese, o método da

modelagem, o método teórico da atividade e o método sistêmico funcional-estrutural. Eles foram aplicados ao objeto isômeros, assim como às características da profissão de professor de química e aos dados das fontes investigadas, visando propiciar elementos para a estruturação sistêmica do conteúdo isomeria.

Nesta pesquisa, o papel de alguns desses métodos está em concordância com Afanássiev (1968), conforme apresentado em continuidade. No método histórico e lógico o objeto é estudado no seu surgimento e no seu desenvolvimento. Já o método de ascensão do abstrato para o concreto é um “(...) processo de pesquisa do objeto no seu movimento e desenvolvimento e nas suas relações internas” (Idem, 1985, p.184). Com ele, parte-se de noções mais simples, ou mais elementares, para noções mais complexas, na forma de sistemas, que reproduzem o objeto na sua plenitude e multilateralidade. O método de análise e síntese se destina a levar o pesquisador a penetrar na essência de cada uma das partes que compõem a metodologia e para estabelecer os nexos e compreender relações essenciais entre as mesmas. Por sua vez, o método da indução-dedução permite o conhecimento da realidade na unidade do singular e do geral.

Desenvolvido por Talízina (1985), o método teórico da atividade permite estabelecer um modelo teórico ou invariante da atividade que, na condição de essência, revela o comum dos procedimentos para a formação da habilidade a ser formada e contribui para o desenvolvimento do pensamento teórico (químico) dos licenciandos. Com isso, realiza-se uma estruturação do conteúdo, de um modo que se trabalhe a explicação das suas propriedades como manifestações de uma essência comum.

5.2.2.1 Critérios para a definição do objetivo e dos indicadores qualitativos

A definição dos objetivos e dos indicadores qualitativos partiu do pressuposto de que a formação inicial é a atividade do licenciando em química e o seu processo de ensino-aprendizagem deve trabalhar dialeticamente a apropriação de conceitos e a formação de habilidades visando a sua formação humana e o seu trabalho de professor. Nesse sentido, com base em Galperin (2001), a qualidade dessa aprendizagem se vincula ao seu caráter orientador e consciente, visando a independência cognoscitiva do licenciando. Considerando esses aspectos e as propostas de Núñez e Gonzalez (1996), os critérios para a definição do objetivo e dos indicadores qualitativos se estabeleceram em:

- i) Definir o objetivo em termo da habilidade a ser formada;
- ii) Considerar o vínculo da habilidade com a atividade profissional;

- iii) Associar objetivo aos critérios da qualidade da atividade, na forma de indicadores qualitativos;
- iv) Ter ciência das limitações do sistema, expressas em questões temporais, condições materiais etc.

5.2.2.2 Critérios para a organização do conteúdo

A estruturação do sistema de conhecimentos conceituais foi realizada com a utilização do método sistêmico estrutural-funcional, com base nas recomendações Reshetova (1988), Talízina (1987) e Núñez (2009). Escolheu-se esse tipo de estruturação, pois:

A estruturação sistêmica do conteúdo é um dos fatores que pode permitir o sucesso da aprendizagem fundamentada Teoria de Galperin, uma vez que oferece ao estudante um sistema adequado de orientação. Além de permitir que ele, estudante, assimile a lógica da análise sistêmica e a converta em elemento de seu pensamento. (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012, p.10).

Para determinar a invariante da habilidade foram considerados os seguintes elementos:

- i) os modos de atuação do professor de química no ensino médio, expressos nos documentos oficiais para o ensino escolar de química, em especial nas OCNEM (2005) e nos Parâmetros Curriculares para o Ensino de Química em Pernambuco (PERNAMBUCO, 2012);
- ii) o modelo profissional desejado para o licenciado em química, indicados nas diretrizes curriculares para os cursos superiores de química (ZUCCO, PESSINE; ANDRADE, 1999);
- iii) o campo de ação da isomeria nas disciplinas de química nos cursos de formação de professores e na disciplina de química escolar; e
- iv) a estruturação funcional-estrutural dos conhecimentos conceituais em isomeria.

5.2.2.3 Critérios para determinação do sistema de tarefas

O Sistema de Tarefas para a formação da habilidade generalizada identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades foi proposto com base nas três etapas desse tipo de processo formativo, segundo propõe Núñez (2009): i) diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade; ii) formação da habilidade, seguindo as etapas da teoria de Galperin; iii) diagnóstico, ou controle final, do processo de formação.

A partir disso, considerando os indicadores qualitativos propostos e com base em Talízina (1988, 1985), foram planejadas diferentes situações para cada um desses momentos,

incluindo as etapas do ciclo cognoscitivo proposto por Galperin, com base nas características das tarefas.

O percurso metodológico trilhado buscou reunir e utilizar elementos para fundamentar teórica-metodologicamente a proposição de um Sistema Didático para ser utilizado como uma possibilidade de reflexão-ação transformadora no ensino-aprendizagem de isomeria. Esse sentido pode ser reforçado pela realidade existente na apropriação de conceitos e formação de habilidades nesse conteúdo, conforme será discutido no próximo capítulo.

6 A ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE ISOMERIA NO ENSINO DE QUÍMICA: UM PROBLEMA DE NATUREZA HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA E DIDÁTICA

Esse capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nas análises das fontes utilizadas para subsidiar a proposição do Sistema Didático para a formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros. Para tanto, inicialmente, destaca-se o posicionamento contido nos documentos oficiais para o conteúdo isomeria, como um componente curricular do ensino de química no Brasil. Então, exibem-se e discutem-se os resultados obtidos na investigação sobre a abordagem destinada a esse conteúdo nos livros de química orgânica e nos processos seletivos para ingresso nas universidades públicas.

6.1 ISOMERIA: UM CONTEÚDO QUÍMICO A SER ENSINADO

A isomeria está tradicionalmente elencada como um conteúdo do ensino escolar e da formação de professores de química. No Brasil, a partir de 2005, ela passou a ser recomendada oficialmente para constar como um conteúdo da base nacional comum para o ensino médio. “Aplicação de idéias sobre arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação de cadeias, ligações, funções orgânicas e **isomeria**” (BRASIL, 2005, p. 114, grifo nosso), a ocorrência da isomeria nas Orientações Curriculares Nacionais de Química é expressa dessa forma. Essa citação ocorre dentro do conjunto de habilidades que devem ser desenvolvidas em relação aos modelos de constituição das substâncias.

Os Estados da Federação devem seguir esse tipo de orientação, ao definirem os seus currículos. Essa adoção já tem acontecido em alguns locais, como pode ser verificado nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco. Nesse documento, o conteúdo integra o seguinte componente curricular: Modelos explicativos para os compostos **Isômeros** - Reconhecer os diferentes tipos de isomeria dos compostos orgânicos, por meio de fórmulas e grupos funcionais; Reconhecer os compostos isômeros pelas diferenças entre as propriedades; Relacionar o comportamento das substâncias isômeras com a estrutura de suas moléculas e as forças intermoleculares (PERNAMBUCO, 2012, p.47, grifo nosso).

O desenvolvimento histórico e cultural do currículo para o ensino de química reforça a necessidade de que os conhecimentos em isomeria também continuem a integrar o currículo dos cursos de professores de química. Apesar de essa orientação não ser literalmente expressa

nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de licenciatura em química, há indicativos nesse sentido. Considerando-se as recomendações associadas aos “conteúdos básicos essenciais”, o documento destaca a necessidade de formar professores de química que apresentem o domínio de um conjunto de conhecimentos químicos, incluindo aqueles abordados na educação básica (BRASIL, 1999). Nessa perspectiva articuladora, a isomeria deve integrar também os conhecimentos pedagógicos necessários à formação inicial do professor de química. Portanto, tanto o conceito de isômeros quanto as estratégias de como ensiná-los devem ser ensinados aos futuros professores de química.

A inclusão do conteúdo isomeria na base comum de conhecimentos para o ensino médio é um reconhecimento da comunidade química sobre o seu valor para a formação dos estudantes. No entanto, verifica-se que a forma como ela está veiculada nesses documentos pode levar a associações restritivas em torno de sua abordagem. Os Parâmetros Curriculares de Pernambuco exemplificam tal alerta. Nesse documento, apesar de ser englobada como uma característica para o desenvolvimento de um modelo explicativo, para o qual se destacam a habilidade modelizar e a habilidade explicar, o aspecto mais vinculado ao conteúdo isomeria é a habilidade reconhecer. Porém, como destaca Núñez (2001), o reconhecimento muitas vezes demanda simplesmente lembrar a informação da forma como foi estudada. Portanto, ao se deparar com esse tipo de componente, o professor também necessita ter tido uma formação que lhe permita interpretar e tomar decisões frente a posicionamentos dessa natureza, de modo a saber ensinar a isomeria numa perspectiva mais significativa para os seus estudantes.

A formação inicial do professor de química deve valorizar as múltiplas relações histórico-epistemológicas que envolvem o conceito de isômeros, assim como as suas diferentes aplicações, que são decorrentes das suas propriedades. No ensino de isomeria, deve-se destacar que o isomerismo abrange a consolidação e o desenvolvimento da química enquanto ciência. Que a sua compreensão auxiliou a formulação e o estabelecimento de uma teoria estrutural unificadora para a química e para a expansão das sub-áreas da química. Que o conceito de isômeros também se relaciona com grandes acontecimentos e ideias, incluindo controvérsias, envolvendo a natureza e a estrutura do conhecimento químico. Que esse é um conceito integrador de outros conceitos, como geometria molecular, ligações químicas, estereoquímica, energia e funções químicas. Quanto a esse último aspecto, a isomeria também veicula o importante papel que os sistemas de classificação exercem sobre a organização do conhecimento químico, nas relações quali e quantitativas entre as substâncias e para a predição das suas propriedades das substâncias. Portanto, a significância dessas abordagens se

associa principalmente à compreensão da essência do isomerismo e às aplicações dos isômeros, decorrentes das relações entre as suas estruturas químicas e as suas propriedades.

O ensino de isomeria deve destacar a influência do conceito de isômeros na identificação, na compreensão e na explicação dos aspectos macroscópicos, dos modelos sub-microscópicos e da linguagem química utilizada para representar as moléculas. Todos esses aspectos estão interligados com os esforços da comunidade química em desenvolver modelos e teorias para explicar das propriedades das substâncias e, para potencializar as suas aplicações em diferentes materiais.

Explicar as propriedades das substâncias isoméricas é uma habilidade geral, que permite utilizar conhecimentos químicos em diferentes contextos de linguagem. Ao ser articulada à organização desse conteúdo, ela pode contribuir para destacar o lado útil, criativo, multiifacetado e interdisciplinar da química. Essa habilidade específica auxilia a desenvolver a habilidade geral e pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico, vinculado a uma leitura diferente do mundo, pautada na apropriação e do uso de conceitos químicos. No entanto, a formação de conceitos e habilidades deve receber um tratamento dialético. Além disso, nessas abordagens, os conceitos e as habilidades devem ser dirigidos à formação de atitudes, valores, numa perspectiva da aprendizagem que desenvolve os estudantes (TALIZINA, 2001).

A localização do conteúdo “isômeros” na matriz de conhecimentos das OCN para a química relaciona-o aos conhecimentos/habilidades/valores relativos às propriedades das substâncias e dos materiais, transformações químicas e modelos de constituição. No entanto, por causa das múltiplas relações que o envolve, ele também deve ser abordado de tal modo que se integre aos conhecimentos/habilidades/valores relativos à história, à filosofia da química e às suas relações com a sociedade e o ambiente.

O ensino-aprendizagem de isomeria deve se articular às necessidades atuais da sociedade, que incluem a efetivação de um processo voltado à formação de habilidades. No entanto, esse tipo de posicionamento ainda tem sido pouco adotado pelos professores de química. Ações contributivas para a manutenção de um ensino que valoriza a apropriação de conceitos deslocada da formação conjunta de habilidades são encontradas em diferentes mecanismos influenciadores para a definição do currículo implantado pelo professor e nas estratégias didáticas utilizadas. Entre tais mecanismos estão os livros didáticos e as provas de processos seletivos, como se discute a seguir.

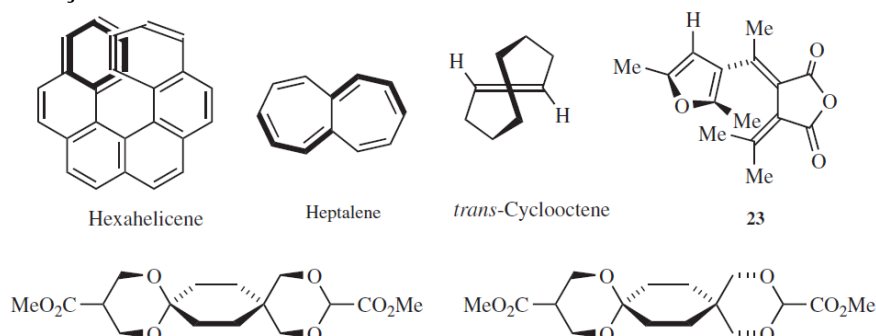
6.2 A ABORDAGEM DA ISOMERIA NOS LIVROS DE QUÍMICA E NAS PROVAS DOS PROCESSOS SELETIVOS PARA INGRESSO NAS UNIVERSIDADES

Diferentes conhecimentos se fazem presentes nas estruturações do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica investigados. Eles compreendem um amplo cenário de conhecimentos em torno do assunto, mas estão inseridos de forma desigual nas obras consultadas. O quantitativo dos temas abordados é diretamente proporcional ao espaço disponibilizado em cada um desses livros, como pode ser verificado na quantidade de páginas destinadas ao assunto.

As similaridades na distribuição dos conhecimentos são maiores entre os livros de química orgânica avançada e os livros do ensino superior investigados. Já nos livros do ensino médio ocorre uma redução no quantitativo desses conhecimentos. Nesse sentido, é possível se destacar dois grupos entre os livros aprovados pelo PNLEM: um grupo constituído pelos livros LEM1 e LEM2; outro pelos livros LM3, LM4 e LM5. Os livros EM1 e EM2 destinam bem menos espaço didático à abordagem da isomeria, quando em comparação aos demais. Por exemplo, no LM1 apenas três páginas são destinadas a esse conteúdo.

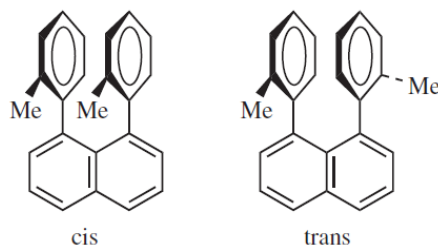
Os livros LA1 e LA2 se estabelecem como verdadeiros compêndios voltados a tópicos mais específicos da estereoquímica, especialmente enfatizando as reações envolvendo os estereoisômeros. Além disso, utilizando-se de uma abordagem mais profunda são contempladas algumas particularidades dos estereoisômeros, que não são mencionadas nos demais livros, como algumas classes mais específicas de enantiômeros sem centro estereogênico e de isômeros *cis-trans*, diferentes dos abordados nos demais níveis de ensino. Essa peculiaridade dos livros de estudos avançados de isômeros é exemplificada com os isômeros mostrados nas figuras 22 e 23, presentes no LA2. Eles apresentam atividade ótica causada por restrições de rotação ou, também por esse motivo, são isômeros *cis-trans*.

Figura 22. Exemplos de tipos de enantiômeros abordados apenas em livros de estudos avançados



Fonte: Smith e March (2207).

Figura 23 - Exemplos de tipos de isômeros *cis-trans* abordados apenas em livros de estudos avançados



Fonte: Smith e March (2207).

Uma visão da diversidade dos conhecimentos contemplados nos livros pode ser percebida, pelas diferenças e pelas semelhanças entre as obras selecionadas pelas suas distribuições nos livros, conforme mostrado no quadro 13.

Quadro 13 - Conhecimentos utilizados na estruturação do conteúdo isomeria nos livros

Conhecimento	Est. avan		Ensino superior			Ensino médio				
	LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
Síntese de Wöhler	N	N	N		N	N	N		N	N
Proposição do conceito por Berzelius	N	N	N	N	N	N	N		N	N
Isômeros Constitucionais		N								
Isômeros constitucionais não-interconversíveis	N	N	N	N	N					
Tautômeros	N	N	N	N	N	N	N		N	
Estereoisômeros										
Isômeros <i>cis-trans</i> em alcenos								N		
Isômeros <i>cis-trans</i> em alicíclicos						N	N			
Isômeros <i>Z-E</i> em alcenos				N	N	N	N		N	N
Isômeros <i>Z-E</i> em alicíclicos				N	N	N	N	N	N	N
Atividade ótica e quiralidade						N	N		N	
Enantiômeros										
Carbono estereogênico	N		N			N	N			N
Elementos de simetria			N		N	N	N	N	N	N
Enantiômeros com carbono estereogênico							N	N		
Configuração <i>R, S</i>							N	N	N	N
A luz plano-polarizada		N	N			N	N			
Polarímetro	N	N				N	N	N	N	N
Substâncias opticamente ativas						N	N	N	N	N
Rotação específica		N	N	N	N	N	N	N	N	N
Isômeros dextrorrotatórios e levorrotatórios						N	N			
As formas racêmicas						N	N			
Excesso enantiomérico					N	N	N	N	N	N
Estereoquímica de reações					N	N	N		N	N
Diastereoisômeros com carbonos estereogênicos e opticamente ativos						N	N		N	
Compostos meso						N	N		N	N
Resolução (separação) de enantiômeros					N	N	N	N	N	N
Moléculas quirais sem carbono estereogênico					N	N	N	N	N	N
Isômeros conformacionais (Conformerros)						N	N		N	

Fonte: o próprio autor.

O conteúdo isomeria nos livros de estudos avançados em química orgânica é desenvolvido dentro de três aspectos principais: estruturas orgânicas, reações químicas e mecanismos reacionais. O tratamento se concentra na estereoquímica, em especial dentro da seguinte sequência: atividade ótica e quiralidade, e análise conformacional. Em termos de espaço didático, os isômeros *Z-E* e *cis-trans* têm abordagens bem mais discretas. Além disso, elas são realizadas de forma mais detalhada somente após as diferentes abordagens em torno da atividade ótica e da assimetria molecular.

No conjunto dos livros investigados, verificou-se um padrão de inserção dos conhecimentos, mas com alguma modificação na lógica de estruturação dos livros de estudos avançados. O sequenciamento da distribuição das classes de isômeros, segundo as suas ocorrências ao longo do texto, é um indicativo do panorama geral da lógica dessa estruturação, como pode ser visto no quadro 14.

Quadro 14 - Sequência das classes de isômeros enumeradas na estruturação do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

Estudos avançados		Ensino superior			Ensino médio				
LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
A	H	A	A	A	D	A	A	A	A
H	I	D	D	D	A	B	B	B	B
J	J	E	E	E	B	D	C	D	C
I	K	F	F		H	H	D	E	D
K	D	G	H	H			H	H	E
D	F	H	K	J			F		H
E	E	J	I	K			J		J
F	G	K	L	I			K		I
G	F	I		L			I		
F	L	L					L		
L									

A	Isômeros Constitucionais	H	Enantiômeros com C*
B	Isômeros constitucionais não-interconversíveis	I	Enantiômeros sem C*
C	Tautômeros	J	Diastereoisômeros com C* e opticamente ativos
D	Isômeros <i>cis-trans</i> em alcenos	K	Compostos meso
E	Isômeros <i>cis-trans</i> em alicíclicos	L	Isômeros conformacionais
F	Isômeros <i>Z-E</i> em alcenos		
G	Isômeros <i>Z-E</i> em alicíclicos		

Fonte: o próprio autor.

Os livros de química orgânica do ensino superior guardam semelhanças em relação ao quantitativo de conteúdos presentes nos livros de estudos avançados, porém diferem na lógica

da estruturação dos mesmos. Nos livros do ensino superior, a isomeria constitucional é apresentada na introdução do conteúdo, seguindo-se da estereoisomeria - primeiro os enantiômeros, depois os diastereoisômeros contendo C^* e, por fim, os isômeros conformacionais. Esses resultados ratificam que, apesar de existirem diferentes classificações para as de substâncias orgânicas isoméricas, o agrupamento em isômeros constitucionais e estereoisômeros é a forma tradicionalmente utilizada no ensino superior de química para abordar isomeria nos compostos orgânicos.

Os livros de química orgânica escolar também revelam essa opção classificatória, apesar de nem todos explicitarem tal ênfase na estruturação dos tópicos (LM1 e LM2). Em relação a esses aspectos, eles acabam se distinguindo ou por não retratarem isômeros *Z-E* (presentes apenas em LM3) nem isômeros conformacionais (apenas em L3 também) ou por retratarem diastereoisômeros com C^* e enantiômeros sem C^* . Um fato recorrente nos livros de química do ensino médio é a ênfase atribuída à isomeria constitucional, especificamente às tipologias, às particularidades dos isômeros constitucionais.

De modo geral, verificou-se que a organização da isomeria nos livros de química orgânica do ensino médio privilegia o agrupamento de isômeros constitucionais em diferentes classes: isomeria de cadeia (ou de núcleo), isomeria de posição, isomeria de compensação (ou metameria), isomeria de função (ou funcional) e tautomeria. Excetuando-se a tautomeria, esse tipo de classificação para os isômeros constitucionais não-interconvertíveis não tem valor epistemológico. Elas são exemplos de criações didáticas utilizadas pelos autores. De modo formal, comumente essas tipologias não são utilizadas pela comunidade químico-científica, nem são apresentadas nos livros de estudos avançados e dos de ensino superior, como ocorre LA2, onde esse tipo de classificação para o isomerismo nem chega a ser citada. Um exemplo desse tipo de didatismo é o uso do termo “isomeria esquelética”, presente no LM3 (página 181).

As distribuições sequenciais dos conhecimentos utilizados pelos livros na abordagem da isomeria também recebem tratamentos didáticos distintos, de acordo com o nível de ensino aos quais se destinam. Nos livros do ensino superior há uma transposição didática dos conhecimentos dos livros de estudos avançados. Apesar de no LS1 esse caráter seja menos acentuado, em geral, percebe-se que nesses livros o conteúdo químico é ilustrado recursos de diagramação e por alguns exemplos informativos para descrever ou evidenciar alguns aspectos fenomenológicos. No entanto, mesmo se proporcionando um maior didatismo, há a manutenção de uma lógica formal na estruturação didática, calcada em uma postura de

transmitir diferentes conhecimentos produzidos pela comunidade científica em torno da isomeria.

A estruturação dos conteúdos de isomeria nos livros de química orgânica do ensino superior exemplifica como os conhecimentos do mundo científico passam por um tratamento até chegarem a se tornar ensináveis. Como pode ser verificado nesses livros, o conhecimento disciplinar sofre uma primeira deformação, na qual a sua roupagem mais acadêmica é retirada. Nesse tratamento, os livros proporcionam mais espaço à linguagem verbal e a tornam menos rebuscada, além de acrescentarem mais recursos gráficos (representações estruturais, quadros, tabelas e figuras). Aparentemente, com isso, espera-se que ele possa ser melhor comunicado e mais bem compreendido pelos que estão em formação acadêmica.

A análise dos livros também mostra que esse conhecimento curricular passa por uma nova transformação. Uma transformação a conhecimento escolar. No caso dos livros de química orgânica do ensino médio, as transposições didáticas resultam em maiores supressões do conteúdo e mais simplificações nas abordagens.

Muitas vezes os livros utilizam outros termos para expressarem essas classes de isômeros, como isômeros planos ou estruturais, isômeros geométricos e isômeros óticos. Tais terminologias também despontam como outro aspecto indicativo das influências dos livros do ensino superior na transposição didática para a abordagem da isomeria nos livros de química do ensino médio, especialmente de edições mais antigas, conforme verificado em um estudo anterior (MARCELINO-JR; CAMPOS, 2009). No entanto, vem se enfatizando o desuso de algumas dessas terminologias. O quadro 15 traz uma síntese de usos inapropriados de termos e conceitos nos livros investigados, comparando-os aos termos atualmente recomendados pela comunidade científica e referendados pela IUPAC.

Quadro 15 - Termos usados inapropriadamente nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

Recomendação atual	Terminologia incorreta ou inapropriada	Livros de química orgânica									
		Estudos Avançados		Ensino superior			Ensino médio				
		LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
Não utilizar	Isômeros de compensação ou metameria										
Isômeros <i>cis-trans</i> ou isômeros <i>Z-E</i>	Isômeros geométricos										
Enantiômeros ou diastereoisômeros com atividade ótica	Isômeros ópticos										
Isômeros constitucionais	Isômeros planos										
	Isômeros estruturais										
Carbono estereogênico	Carbono quiral										
Enantiômeros	Antípodas ópticos										
	Enantiomorfos										

Fonte: o próprio autor

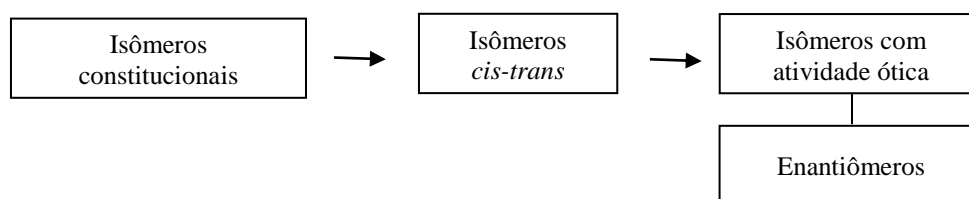
Muitas dessas terminologias continuam incorporadas ao linguajar da comunidade científico-acadêmica, incluindo-se os professores formadores. Alguns desses termos continuam sendo veiculados nas falas e comunicações escritas de professores e pesquisadores, inclusive em artigos de revistas científicas nacionais e internacionais. A sua disseminação pelos livros didáticos também influenciam licenciandos e estudantes do ensino médio. Em certos livros desse nível de escolaridade, verifica-se que também há uma dificuldade de certos autores em romper com uma visão clássica, tradicionalmente utilizada, para a organização desse conteúdo. Por exemplo, no LM3 (página 181), é utilizado o termo “isômeros planos”, ao se referir aos isômeros constitucionais; na página seguinte, em uma citação lateral em uma caixa (*box*), há a indicação de que a “IUPAC não recomenda” a utilização desse termo. Ainda assim ele continua sendo utilizado nas abordagens seguintes.

Essas terminologias, em alguns momentos, podem levar a inadequações que contribuam para erros conceituais. Por exemplo, no LM5, os títulos do capítulo 11 (página 218) e do capítulo 12 (página 230) são, respectivamente, “Isomeria espacial (geométrica)” e “Isomeria óptica”. Em seguida (página 31), afirma-se que: “Os compostos que apresentam isomeria óptica são chamados, de maneira geral, de **estereoisômeros**”. Desse modo, apesar de não se ter essa intenção, há conflitos nas classificações utilizadas. Não se explicita que os

isômeros *cis-trans* e os estereoisômeros óticamente ativos retratados na discussão são particularidades do isomerismo nem que, ambos, podem ser classificados como estereoisômeros. No entanto, mais do que expressar uma desatualização, essa escolha se associa a uma orientação didática na organização desse conteúdo.

A estruturação do conteúdo isomeria nos livros de química orgânica investigados é compartimentalizada e não é integrativa. Apesar de se referirem a um mesmo conteúdo, a distribuição dos conhecimentos em torno de elementos da “isomeria constitucional” e da “isomeria espacial” se revela mais como um sequencia justapositiva. Efetiva-se uma sequência linear, limitada e muito pouco articulada. É como se o plano didático assumido buscasse proporcionar uma familiarização com a diversidade de casos de isômeros por meio de uma complexidade ascendente. Nos livros do ensino médio, orientação didática segue uma lógica linear expressa na sequência mostrada a seguir (esquema 3).

Esquema 3 - Estruturação preferencial do conteúdo de isomeria em livros de química do ensino médio



Fonte: o próprio autor.

A compartimentalização é uma forma de estratégia didática. No caso da isomeria, histórica e epistemologicamente, ela é o resultado da criação de um sistema classificatório. Ele foi desenvolvido para melhor compreensão e para melhor explicação do fenômeno do isomerismo, incluindo-se o seu uso da educação científica e na educação escolar. Porém, do modo como são apresentados e desenvolvidos nas abordagens dos livros, os isômeros constitucionais e estereoisômeros não têm um enfoque voltado a destacar que eles possuem uma essência comum. Esse tipo de orientação didática também é um indicativo de uma perspectiva dominante nos livros didáticos de química orgânica investigados: a carência de um tratamento intencionalmente orientado à compreensão do isomerismo como um fenômeno químico. Uma análise sobre definições utilizadas pelos livros para o conceito de isômeros reforça essa questão.

O tratamento presente nos livros de química orgânica segue, basicamente, uma linha orientadora na qual a apresentação do conteúdo é introduzida pela definição de isômeros, ou de isômeros constitucionais, associada a alguns exemplos. Em seguida, apresentam-se cada uma das demais tipologias de isômeros escolhidas para o conteúdo. Comparativamente aos

livros de estudos avançados, os livros do ensino superior e do ensino médio utilizam mais informações e ilustrações para reforçar ou exemplificar o conceito trabalhado, tentando-se promover a contextualização (no LS1, é mais limitado). Nesses dois conjuntos, ao final do capítulo, o estudante é levado a resolver algumas questões, para aplicar o conhecimento. No caso dos LM3, LM4 e LM5, também ocorrem ao final de tópicos referentes a cada classe temática estruturadora do conteúdo.

As definições referentes a isômeros ou a isômeros constitucionais ocorrem no início da unidade/capítulo. Preferencialmente, elas são apresentadas de forma enunciativa, sem nenhuma ou com poucas articulações com representações estruturais e em associação a contextos diversificados. Os livros investigados desconsideram a estratégia de apresentar no início da abordagem a diversidade das substâncias isoméricas, em termos qualitativos e quantitativos, em termos de estruturas químicas, de propriedades e de aplicações. Na intenção de dar relevância ao assunto e despertar o interesse pelo assunto, dois livros do ensino médio (LM4 e LM5), buscam construir uma abordagem problematizadora-contextualizadora no início da abordagem. As dificuldades em se estabelecer contextos diversificados e relacionais em torno da definição do conceito de isômeros podem ser visualizadas por meio do exame das informações contidas no quadro 16.

Quadro 16 - Análise de aspectos relativos às definições de isômeros presentes nos livros texto de química orgânica de diferentes níveis de ensino

Aspectos analisados		Estudos avançados		Ensino superior			Ensino médio					
		L A ¹	L A2*	L S1*	L S2*	L S3	L M1	L M2	L M3	L M4	L M5	
Características presentes na definição	Substâncias diferentes		N	N	N	N		N				
	Mesma fórmula molecular		N	N	N	N						
	Fórmulas estruturais diferentes		N	N	N	N	N				N	
	Estruturas diferentes		N	N	N	N		N	N	N	N	N
	Propriedades diferentes		N	N	N	N		N	N	N	N	
Ocorrência	Introduzindo a temática	Dentro de um contexto de problematização	N	N	N	N		N	N	N		
		De forma enunciativa	N	N	N	N					N	-
	Generalizando a discussão		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Associações	Históricas		N	N	N	N	N	N	N	N		
	Propriedades		N	N	N	N	N	N	N	N		
	Representações estruturais		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Nomenclatura		N	N	N	N	N	N	N	N		
	Aplicações		N	N	N	N	N	N	N	N		

≠ Não utilizam definições para isômeros nem para isômeros constitucionais

* Iniciam a abordagem enunciando a definição de isômeros constitucionais, sem associá-los às diferentes propriedades.

Fonte: o próprio autor

As definições de isômeros citadas nos livros apresentam como principais características para o conceito os termos: “compostos diferentes”, “mesma fórmula molecular” e “fórmulas estruturais diferentes”. Nesse aspecto, apenas o LS3 envolve diretamente o termo estrutura química. Nos demais essa ideia fica subjacente e se associa ao aspecto simbólico, destacando a representação da substância por meio de sua fórmula estrutural. Portanto, “as diferentes propriedades” exibidas pelos isômeros, em geral, não são diretamente vinculadas aos enunciados das definições (exceção feita ao LM5). Priorizado nos livros investigados, esse tipo de posicionamento indica a pouca relevância atribuída ao processo histórico-epistemológico em torno do conceito. Por exemplo, em nenhum dos livros há comparativos de definições diferentes propostas para os isômeros, inclusive quanto ao posicionamento da IUPAC.

Ao anunciarem as suas definições de isômeros, alguns livros associam o isomerismo à isomeria. Nesses casos os termos carregam uma mesma semântica, sem distinção entre o aspecto fenomenológico e o didático. Por exemplo, no LM3 (página 16), “Isomeria é o fenômeno em que dois ou mais compostos possuem a mesma fórmula molecular e diferente fórmula estrutural”. Já no livro L5 (página 205) tal situação é posta da seguinte forma: “Fala-se em isomeria quando compostos diferentes e, portanto, com propriedades e fórmulas estruturais diferentes apresentam mesma fórmula molecular. Compostos com essas características são ditos isômeros”. Esse tipo de compreensão é diferente da assumida no LM4 (página 138) ao afirmar que “A existência de isômeros é denominada de isomeria ou de isomerismo”.

A definição de isômeros traz uma lei geral que é a essência do isomerismo. Isômeros têm fórmulas moleculares iguais e estruturas químicas diferentes, por isso, pelo menos uma propriedade diferente. A carência desse enfoque é um problema de natureza histórico-epistemológica. Ele também incide em uma limitação didática, que é constante em todos os livros investigados. Em suas abordagens, os livros não valorizam a exploração das propriedades das substâncias isoméricas, nem a atividade humana para entendê-las e explicá-las, conforme será reforçado mais adiante.

As ocorrências de definições em torno da isomeria aparecem ao longo dos textos como um recurso para anunciar uma nova classe de isômeros, uma nova tipologia. Porém, dentro de procedimentos que priorizam a inclusão de objetos em determinadas classes. Por causa das operações utilizadas, esses procedimentos têm um enfoque mais classificatório do que propriamente de identificação. Adicionalmente, utilizando-se um tipo de classificação mais alinhada à estruturação lógica do conteúdo do que à lógica dialética. Ou seja, a classificação

não é tratada como uma forma de compartimentalização visando a integração de um todo conceitual.

Os exemplos utilizados para ilustrar as definições de estão preferencialmente direcionados a descrições, apoiadas em um tipo prioritário de representação estrutural, as fórmulas estruturais. Adicionalmente, elas são desprovidas de um direcionamento para a compreensão das propriedades necessárias e suficientes para identificar isômeros. Com isso, há restrições em levar os estudantes a saberem diferenciar as propriedades não-essenciais das essenciais e a saberem realizar a operação de inclusão do conceito, que são as ações componentes da habilidade identificar (RIBEIRO; NÚÑEZ, 2004, 1997). Tal situação se faz presente no conjunto dos livros de química orgânica analisados.

As sequências adotadas pelos livros na estruturação de isômeros, apoiadas em definições que os deslocam tanto das suas propriedades quanto das suas aplicações, dificultam uma orientação didática no sentido de maior integração conceitual. Com isso, ainda que de forma não intencional, na abordagem dos conhecimentos elencados, estabelece-se uma relação dicotômica entre a integração e a compartimentalização; entre a diversidade e a articulação; entre a significância e a restrição. Com isso, do modo em que se dispõem, dentro de numa lógica formal, essas sequências não articulam, intencionalmente, as particularidades do isomerismo, de modo a tratá-las como parte de um todo. Conforme discute Galperin (2001/1965a), tratamentos desse tipo consideram a apropriação conceitual apenas como um indicativo da sequência de assimilação de suas diferentes partes. Porém, ainda com base na concepção galperiana, não se garante a assimilação de um conceito novo simplesmente aprendendo os traços essenciais desse conceito. Além disso, o conhecimento desses traços não assegura a utilização consciente de um determinado conceito quando se faz necessário orientar-se na realidade correspondente, ou seja, quando é necessário aplicá-lo.

As aplicações dos conceitos em isomeria são outras dificuldades contidas nas obras investigadas. As estruturações utilizadas pelos livros também indicam a falta de implantação de um plano didático eficiente para orientar o estudante a atribuir significado ao novo conceito dentro do conteúdo estudado. Nesse sentido, essa significância é problemática tanto por causa das características das tarefas que o estudante devem realizar para aplicar os conceitos estudados quanto pela baixa associação entre os conceitos estudados com aspectos fenomenológicos. Sobre o tratamento outorgado a esses aspectos é que a discussão, realizada a seguir, estará focalizada inicialmente. Um panorama do tratamento didático atribuído ao aspecto fenomenológico nos livros investigados é apresentado no quadro 17.

Quadro 17 - Aspectos fenomenológicos contemplados contextualizações em torno do conceito de isômeros nas abordagens dos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

Contextualizações em torno do conceito de isômeros		Livro de química orgânica (página)									
		Estudos avançados		Ensino superior			Ensino médio				
		LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
História	Personagem	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
	Fato	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
Propriedades	Qualitativa	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
	Quantitativa	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
Aplicações	Ciência	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
	Tecnologia	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
	Sociedade	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
	Ambiente	N	N	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL

RL – Restrita e limitada a poucos exemplos; RM – Restrita, mas utilizando-se de muitos exemplos
 PL – Processual, mas limitada a poucos exemplos; PM – Processual e utilizando muitos exemplos

Fonte: o próprio autor

Os livros de química orgânica avançada trazem uma abordagem descontextualizada para a isomeria, como também procedem nas abordagens dos demais conteúdos. No LA1 e no LA2, verificam-se apenas indicações de referências aos trabalhos de pesquisas com o tema trabalhado. Além disso, os livros de química avançada recorrem a muitas exemplificações de reações estereoquímicas, especialmente de sínteses assimétricas. Apesar de ser mais restrito, esse enfoque estereoquímico também é destacado nos livros do ensino superior. Nos livros do ensino médio, esse aspecto é praticamente negligenciado. Quando ocorre (LM3), ele se limita a textos informativos sobre pesquisadores que foram reconhecidos por seus trabalhos com sínteses assimétricas, disponibilizados ao final do conteúdo de enantiômeros.

O tratamento existente nos livros de química avançada à contextualização em torno do conceito de isômeros é diferente do constatados nos livros de química orgânica do ensino superior e do ensino médio. Nesses livros, há certa similaridade na ocorrência dos elementos de contextualização avaliados. No entanto, elas foram, basicamente, restritas aos conceitos de isômeros constitucionais e de enantiômeros, além se serem limitadas a poucos exemplos, que geralmente ocorrem aos pares. Quanto a esse último aspecto, somente em poucas circunstâncias os livros utilizam, conjuntamente, mais de duas substâncias na abordagem realizada. Além da ocorrência dos elementos de contextualização, as similaridades nos tratamentos nos livros do ensino superior e do ensino médio são extensivas às ênfases

destinadas aos fatos macroscópicos e às evidências de natureza sub-microscópicas. Nesses conjuntos, elas são basicamente ilustrativas.

Em geral, na abordagem da isomeria, esses livros de química orgânica pouco enfatizam as diferenças nas propriedades das substâncias. Não há grande diversidade de exemplos de aspectos qualitativos e quantitativos das propriedades das substâncias isoméricas, sejam elas didaticamente associadas a propriedades, químicas, físicas ou biológicas.

As exemplificações giram em torno de diferenças de temperaturas de fusão e de ebulição, de solubilidades e de rotação ótica é um exemplo também citado, mas restrito aos enantiômeros. As propriedades biológicas mais citadas são: a percepção dos odores, a atividade farmacológica e atividade de feromônios isoméricos. Nesses casos, não se comparam as diversidades de tipos de isômeros, sejam eles constitucionais ou estereoisoméricos, conjuntamente, com as propriedades por eles exibidas; seja em um mesmo espaço didático ou fazendo referência a um exemplo anterior. Cada tipo de isômeros ocupa o seu espaço didático, dentro do seu limite sequencial. Além disso, apesar de serem mostrados alguns exemplos de propriedades biológicas de isômeros constitucionais, no conjunto dos livros investigados, elas são mais vinculadas aos estereoisômeros, prioritariamente na abordagem de enantiômeros com carbono estereogênico.

A baixa associação do conceito de isômeros às propriedades das substâncias isoméricas se correlaciona à limitada ênfase aos diferentes elementos de contextualização examinados. Entre eles os aspectos históricos.

O tratamento à história da química é bastante restrito e limitado. Nos livros de química orgânica avançada é desconsiderado. Nesses livros, o conceito de isômeros é apresentado como uma elaboração “pronta”, na qual não se mostram diferentes interpretações dadas ao longo da história.

Nos livros do ensino superior há uma veiculação de alguns fatos históricos. Porém, quando ocorrem, em sua maioria, as citações históricas se limitam a descrever, superficialmente, alguns fatos ou destacam os trabalhos de alguns cientistas. Nesse sentido, Berzelius, Wöhler, Pasteur, van't Hoff e Le Bel são os personagens mais retratados. Em alguns momentos, esses cientistas são personificados como descobridores de um conceito. Por exemplo, esse procedimento está presente no LM5, com Pasteur, para a descoberta dos “isômeros ópticos”, e no LM3, com Berzelius e Liebig, para a explicação do isomerismo. Além disso, nos livros dos diferentes níveis de ensino não há abordagens correlacionais entre os poucos episódios históricos destacados. No LM3 há um exemplo sobre esse destaque.

Apesar de a proposição berzeliana ser citada com algum detalhe no capítulo introdutório da abordagem de química orgânica, quando no conteúdo isomeria, não se faz menção a esse aspecto. Em outros casos, os livros não aproveitam o tratamento histórico utilizado para ressaltar a significância do isomerismo. Por exemplo, no LS2 a síntese da ureia é apresentada como um marco para o abalo da teoria vitalista, mas apenas nesse sentido.

A restrição da abordagem histórica nos livros acaba por não trazer à tona uma aproximação com a realidade do trabalho científico em torno do isomerismo, em relação aos contextos em que ele tem desenvolvido e em que tem sido utilizado. Além disso, em geral, as ideias conflitantes e os pontos de embate em torno da temática não são destacados. Há episódios desse tipo que poderiam estar mais presentes nos livros, como em LM3, ao compilar parte da publicação de Adolf Kolbe, na qual é polemizada a proposição do carbono assimétrico.

Em que pesem as citações referentes a alguns episódios, do ponto de vista histórico-epistemológico, de modo geral, a apresentação do conceito de isômero não é enriquecida com abordagens sobre as principais ideias em torno do isomerismo. Por exemplo, alguns dos fatos que levaram à proposição do conceito por Berzelius, a explicação de Butlerov para o isomerismo, os diferentes tipos de isômeros identificados no século XX e a importância da compreensão sobre os isômeros conformacionais.

Os livros didáticos analisados negligenciam muitas das principais relações históricas do isomerismo a partir das categorias ontológicas que foram historicamente constituídas para este conceito. Nesse sentido, há uma simplificação dos conteúdos. Ao incorrer em um tratamento, preferencialmente ahistórico, os livros de química orgânica, de um modo geral, desconsideram ou atribuem pouco valor ao desenvolvimento da isomeria como uma atividade humana de compreensão do isomerismo. Quando deixa de destacar as contribuições de diferentes cientistas para as diferentes explicações historicamente propostas para o isomerismo, os livros perdem uma oportunidade de mostrar e discutir episódios históricos ligados a questões epistemológicas e sociais. Desse modo, não se explicita que a elaboração do conceito de isômeros tem sido desenvolvida na comunidade científica, com a participação de vários cientistas, cada um com aportes significativos para sua época. Esse tratamento contribui para que se transmita uma visão de ciência estática, sem estar sujeita a mudanças que dependem das necessidades do ser humano, características do cenário socioeconômico e cultural das produções científicas. Além disso, o tratamento histórico presente em todos os livros investigados não contribui, explicitamente, para levar o estudante a reconhecer que o progresso da química moderna está estreitamente relacionado ao desenvolvimento da

isomeria. No entanto, o mundo, nele se incluindo a ciência química, não pode ser considerado como um complexo de coisas acabadas, mas como um complexo de processos e de relações. A reflexão histórica contribui para desmistificar essa ideia em torno da ciência e do conhecimento científico.

As reflexões históricas em torno do conceito de isômeros trazem a possibilidade de se destacar e dar significado prático ao esforço da comunidade química para compreender e controlar as composições, as propriedades e as transformações sofridas pelas substâncias. Além disso, os acontecimentos em torno do movimento para a compreensão do isomerismo exemplificam que o desenvolvimento da ciência não implica apenas continuidade, mas também ruptura.

As diferentes substâncias isoméricas identificadas, a partir de fontes naturais ou sintetizadas, permitiram a estabelecer a passagem da quantidade à qualidade. Em determinados momentos históricos, os incrementos da quantidade de casos típicos de isomerismo que não puderam ser compreendidos determinaram a emergência de novos modelos químico-explicativos. Isso ocorreu, com Berzelius, com Butlerov, com van't Hoff, com Wiselius e com outros cientistas. Ou seja, a isomeria retrata como o conhecimento químico tem um passado e um futuro, e nesse processo há elementos que são desenvolvidos e outros que desaparecem. Nesse sentido, o movimento em torno da compreensão do isomerismo também foi contributivo para que os isômeros deixassem de ser entendidos e chamados unicamente de isômeros estruturais e passassem a receber outras possibilidades de compreensão. Com exemplos, têm-se os casos dos isômeros conformacionais e dos estereoisômeros opticamente ativos.

O conhecimento químico em torno do isomerismo permitiu a proposição de sistemas classificatórios. No ensino de isomeria na escola, há forte ênfase na memorização de termos pertencentes a um sistema classificatório dos isômeros, mais notadamente em torno dos isômeros constitucionais. Conforme, verificado, os livros didáticos são mecanismos que reforçam essa concepção. Por outro lado, em suas abordagens, eles desconsideram a importância que os sistemas classificatórios exercem na organização do conhecimento científico. Intencionalmente, esse destaque não é dado. Os isômeros passaram a ser agrupados para se favorecer uma organização conceitual. Porém, uma organização que não é restrita a uma mera organização classificatória memorística. Ela teve o seu desenvolvimento associado a um significativo procedimento químico-taxonômico, um procedimento científico.

Os outros aspectos relacionados à contextualização também recebem pouca atenção nos livros. A abordagem CTSA anunciada pelos livros em seus manuais pedagógicos é

limitada em relação a esse conteúdo. Os livros pouco exploram as diferentes possibilidades de relacionar áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural aos conhecimentos químicos. Há poucas tentativas de incorporação de vivências concretas e diversificadas, para o desenvolvimento de atitudes e valores que estimulem discussões e posicionamentos sobre questões ambientais, éticas e sociais. Desse modo, o significado do conhecimento não é potencialmente materializado em contextos do mundo ou da sociedade, de modo a estimular o estudante a compreender a relevância do isomerismo e aplicar o conhecimento para entender os fatos, tendências, fenômenos, processos que o cercam. A talidomida é um exemplo que circunda esse aspecto.

Os cinco livros do ensino médio e os livros LS1 e LS2 discutem sobre os efeitos teratogênicos da talidomida. No livro LM2 há uma vinculação aos aspectos éticos relacionados aos usos de substâncias químicas e as propriedades biológicas que elas exibem. Posteriormente, na abordagem da isomeria, a discussão em torno dessa substância é retomada, apesar de não se fazer no texto uma referência à discussão realizada em outro tópico (indicando-se a página ou remetendo-se à situação, por exemplo). Porém, tratamentos desse tipo são pouco explorados, ou seja, os contextos não são usados como fio condutor do conhecimento químico.

A limitação na abordagem fenomenológica constante nesses livros de química orgânica resulta no destaque ao componente teórico-representacional. A linguagem preferencialmente enfatizada nos livros de estudos avançados e nos livros de ensino superior é a químico-representacional, notadamente por meio de fórmulas estruturais quadro 18. Nos livros de ensino médio essa linguagem também se faz bastante presente, porém em maior interação com a linguagem verbal, escrita. No livro LM1, a linguagem escrita tem uma predominância bem maior que a linguagem químico representacional.

Quadro 18 - Ênfase na abordagem representacional do conteúdo isomeria pelos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino

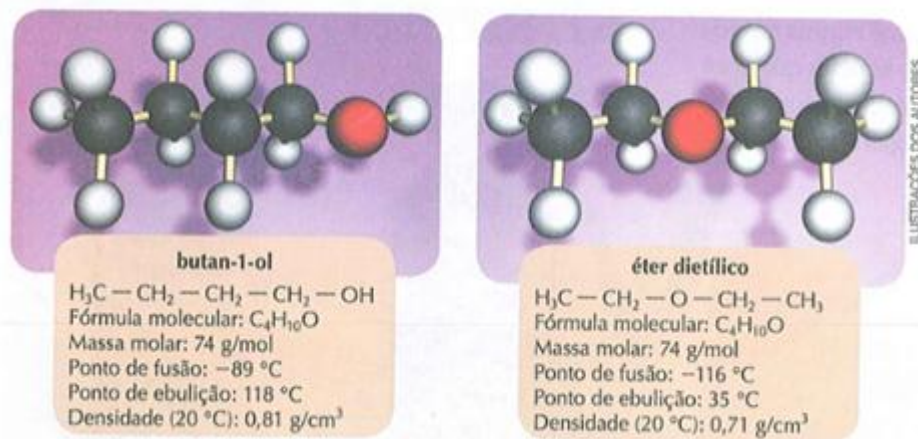
Linguagem química		Livros de química orgânica									
		Estudos avançados		Ensino superior			Ensino médio				
		LA1	LA2	LS1	LS2	LS3	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
Fórmula molecular		TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL
Fórmula estrutural	Traços	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	RM
	Condensada	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	RL
	Linhas de ligação	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	RM
	Van't Hoff	TM	TM	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	RL
	Outra 3D	TM	TM	TL	TL	TL	N	N	TL	TL	RL
Modelo molecular	Pau e bola	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	RL
	Espaço preenchido	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	TL	RL
Equação química		RM	TM	N	N	N	N	N	TL	TL	TL

TL – Restrita e limitada a poucos exemplos; TM – Restrita, mas utilizando-se de muitos exemplos
AL – Articulada, mas limitada a poucos exemplos; AM – Articulada e utilizando muitos exemplos

Fonte: o próprio autor

Nas representações estruturais utilizadas para ilustrar isômeros, tanto os isômeros constitucionais quanto os estereoisômeros são prioritariamente representados por fórmulas de linhas de ligação. No caso dos últimos, utilizam-se mais as representações de van't Hoff para diferenciar enantiômeros. Porém, os livros usam poucos a representação na forma de modelo molecular. Além disso, em poucos momentos eles colocam mais de um tipo de representação de modo conjunto ou solicitam a conversão entre tipos de representações diferentes. Em todos os volumes esse tratamento é observado, sendo extensivo às fórmulas moleculares. Em um determinado momento, LM4 (página 138) verifica-se esse tipo de tratamento, conforme indicado na figura 24.

Figura 24 - Correlação entre diferentes aspectos na relação estrutura química-propriedade dos isômeros



Fonte: Peruzzo e Canto (2010).

Ao não utilizar diferentes tipos de representação os livros deixam de potencializar um tratamento na forma materializada. Esse tipo de recurso é importante principalmente na apresentação do conteúdo, para que os estudantes se orientem melhor nas características do conceito.

Os resultados apresentados até o momento são indicativos de que os planos didáticos utilizados pelos livros não orientam eficientemente o estudante a atribuir significado ao novo conceito. Isso decorre tanto da compartimentalização linearmente desarticulada na apresentação dos diferentes tipos de isômeros como por causa das baixas associações fenomenológicas utilizadas. De um modo geral, pouco se associam as características estruturais e as aplicações dos isômeros, de modo a relacioná-las às suas propriedades. Além disso, conforme antecipado em momento anterior, esses planos didáticos também não se mostram eficientes para orientar os estudantes nas tarefas a serem realizadas para aplicar os conceitos estudados. Com será enfatizado na discussão a seguir.

Como discute Galperin (2001/1965a) a assimilação do conceito é um processo de sua aplicação, vinculado ao desenvolvimento de habilidades. Nos livros, a atividade para a aplicação dos conhecimentos é a resolução de questões, que são apresentadas ao final das abordagens. A experimentação é uma atividade desconsiderada nos livros investigados.

A única atividade experimental indicada nos livros investigados é a isomerização do ácido maleico a ácido fumárico (LM5, página 223). No entanto ela se reveste de um caráter bem peculiar. Trata-se de uma proposta baseada em atividades experimentais do tipo *dry lab*, na qual a descrição de um protocolo experimental é investigada de maneira teórica, conforme registrado na figura 25.

Figura 25 - Fragmento coletado do LM5, no qual se sugere uma atividade experimental a ser realizada de modo teórico para se investigar a conversão do ácido maleico em ácido fumárico

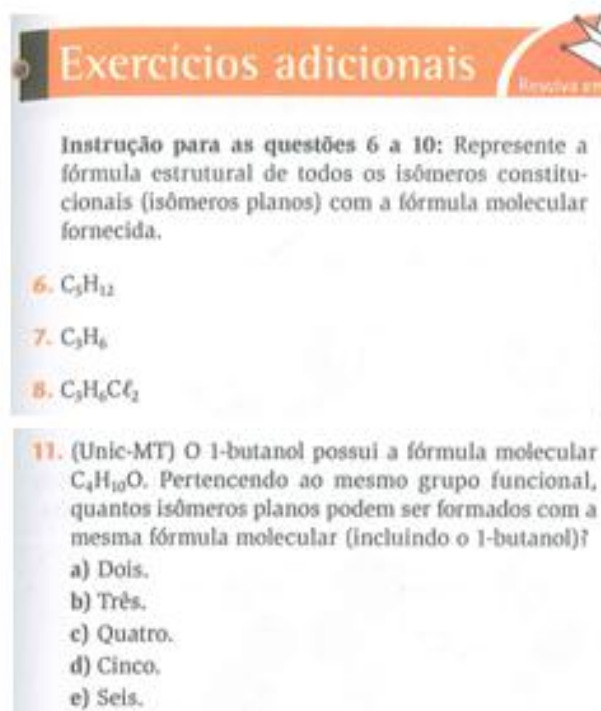


Fonte: Lisboa (2010).

Nos livros de ensino superior e de ensino médio, as tarefas de aplicação do conhecimento são localizadas na resolução de problemas, localizados ao final de cada tópico

ou no final do capítulo. Nos livros de ensino superior, proporcionalmente, as questões ocorrem em uma quantidade bem menor do que no ensino médio. No entanto, em ambos os níveis de ensino, na maioria dos casos, tratam-se de questões extraídas de exames vestibulares, com formatos característicos de exercícios. Uma diferença entre elas é que as questões propostas nos livros de ensino superior são questões abertas, enquanto as dos livros do ensino médio são prioritariamente questões com alternativas de múltipla escolha. No entanto, mesmo quando são de desenvolvimento próprio, o formato de exercício predomina. A figura 26 apresenta exemplos dessas questões tanto de desenvolvimento próprio quanto de provas de processos seletivos, que foram extraídas do LM4.

Figura 26 - Exemplos de questões de desenvolvimento próprio e de provas de processos seletivos, presentes nos livros de química orgânica, que têm um formato de exercício



Exercícios adicionais

Revisão em

Instrução para as questões 6 a 10: Represente a fórmula estrutural de todos os isômeros constitucionais (isômeros planos) com a fórmula molecular fornecida.

6. C_5H_{12}

7. C_3H_6

8. $C_3H_6Cl_2$

11. (Unic-MT) O 1-butanol possui a fórmula molecular $C_4H_{10}O$. Pertencendo ao mesmo grupo funcional, quantos isômeros planos podem ser formados com a mesma fórmula molecular (incluindo o 1-butanol)?

a) Dois.
b) Três.
c) Quatro.
d) Cinco.
e) Seis.

Fonte: Peruzzo e Canto (2010).

As atividades de resolução de problemas priorizam o envolvimento da habilidade reconhecer e da habilidade identificar na solução das questões propostas. Por causa do tipo de formato preferencialmente assumido nos livros, as habilidades de explicar, de interpretar e de tomar decisões são menos requisitadas para as resoluções das questões. Nesse aspecto reside uma posição seguida nos livros investigados: a carência de uma maior interlocução com os sujeitos.

Os livros utilizam abordagens pouco estimulantes ao desenvolvimento de habilidades cognitivo-linguísticas, como as habilidades de justificar e explicar. Mesmo sendo essa característica bem mais acentuada nos livros de estudos avançados e nos livros do ensino superior, a ausência de um maior diálogo também se faz presente nos livros do ensino médio, em que se pese a busca em se proporcionar um linguajar mais próximo do leitor. Porém, a interação dialógica entre professor-estudante e entre estudantes não é estimulada por meio de atividades indicadas nos livros. Por exemplo, nos textos do conteúdo isomeria, os livros não recomendam atividades, em pequenos grupos ou com a classe toda, que estimulem as interações verbais entre os sujeitos, entendendo-as como formas deles externalizarem suas ações e operações com o conceito. Pelo tipo de tratamento verificado no conjunto dos livros, as abordagens desenvolvidas não oferecem condições para que o estudante seja um sujeito mentalmente ativo na formação de conceitos e de habilidades.

A intervenção pedagógica contida no livro coloca o sujeito em um ambiente de aprendizagem mediado. A dialogicidade estabelecida no livro pode levá-lo a se relacionar com um mundo de informações, significados, modos de ser. Porém, essa dialogicidade deve ser intencional e atribuindo significado aos conteúdos químicos trabalhados. Dentro do contexto para o qual ele direcionado, particularmente, a escola, e as relações sociais estabelecidas pelo estudante fora dela, o livro se efetiva como um recurso de aprendizagem em termos das ações que esse sujeito realiza com o objeto de estudo, com os conhecimentos, para a sua aquisição e transformação em produto de domínio próprio. No entanto, como atentam Talízina (1987) e Núñez (2009), a assimilação dos conhecimentos dos estudantes são reconhecidos à medida que eles sejam capazes de realizar determinadas ações com esses conhecimentos.

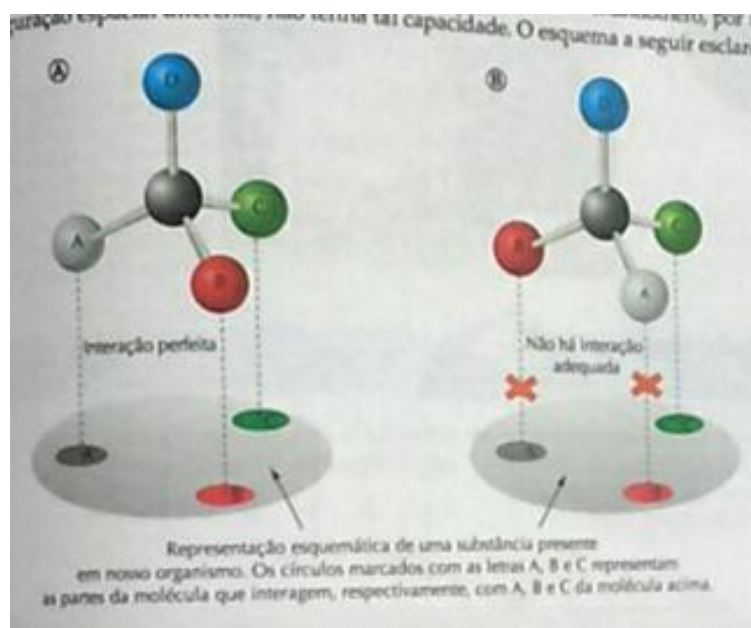
A orientação didática assumida na maioria das abordagens contidas dos livros investigados tende estimular o sujeito a se situar, simplesmente, imerso em um contexto de leitura. Desse modo, inerte, a ação do sujeito na assimilação do conceito consiste em transitar pelas páginas dos livros, sendo estimulado a adquirir conhecimentos de uma forma passiva. Levando em conta as considerações galperianas (GALPERIN, 2001; NÚÑEZ, 2009), esse tipo de base orientadora da ação acaba por se caracterizar por uma composição incompleta da orientação ou segundo uma composição completa para cumprimento da ação, mas, que só servem para a orientação em um determinado caso, pois as condições são particularizadas. Desse modo, o processo de assimilação se caracteriza por ser lento e resulta em muitos erros na solução de tarefas que exijam mais do que um simples reconhecimento de objetos. Com esse tipo de base orientadora, o estudante termina por ser conduzido a solucionar as tarefas na base da tentativa e erro. Apesar de esse posicionamento ser perceptível especialmente nos

livros de estudo avançados e nos do ensino superior, a pouca interação é extensiva aos livros do ensino médio.

As explicações presentes nos livros integram esse tipo de abordagem. Abordagem na qual há pouco destaque à diversidade de interações entre as estruturas dos isômeros e à possibilidade de contextos nos quais o conceito de isômeros tem significância. Aspectos que envolvem questões histórico-epistemológicas do desenvolvimento do isomerismo e das aplicações das substâncias isoméricas. Analisando-se as poucas explicações presentes nos textos, verificou-se que elas se concentram em dois aspectos: no sentido descritivo às características estruturais das tipologias dos isômeros e no sentido de estabelecer uma relação causal. Porém, essa última em uma menor presença nos livros investigados.

As poucas situações voltadas a explicar as propriedades exibidas pelos isômeros se concentram na atividade ótica e nas atividades biológicas e farmacológicas de estereoisômeros. Nos livros de química orgânica avançada e do ensino superior as explicações sobre a rotação ótica são mais profundas, buscando-se conhecimentos mais detalhado da física para explicar a influência da estereoquímica no fenômeno observado. Já nos livros de ensino médio essas explicações são mais simplificadas. Em relação aos processos biológicos, a ênfase está relação causa-efeito dos estereoisômeros, notadamente enantiômeros, com sítios ativos biológicos. Em alguns casos são utilizados modelos ilustrativos para dar suporte ao argumento explicativo, como acontece no L4 (página 155) (figura 27).

Figura 27 - Modelo utilizado para ilustrar uma explicação sobre atividade biológica de isômeros



As explicações utilizadas nos livros, de um modo geral, também dicotomizam o tratamento entre isômeros constitucionais e estereoisômeros. Em especial, quanto às explicações sobre as propriedades das substâncias isoméricas, adota-se um tratamento tipificador, sem ser correlacional.

De um modo geral, a isomeria nos livros de química está relacionada aos aspectos químico-representacionais do conteúdo químico, priorizando-se alguns dos casos particulares do isomerismo em detrimento de uma visão integradora. É nesse contexto que a identificação dos isômeros é trabalhada. Na verdade, a identificação é vinculada à caracterização dos diferentes tipos de isômeros, dentro da lógica: definição—exemplificação. Nesse caso, as definições se distanciam das questões histórico-epistemológicas para compreensão do isomerismo e consolidação do conceito de isômeros. As definições utilizadas nos livros ressaltam a composição química (idêntica) e a fórmula molecular (diferente) como características do conceito, sem destacar o conceito de estrutura química e sem vincular essas características às propriedades dos isômeros. Desse modo, a relação composição-estrutura química-propriedades das substâncias isoméricas não é enfatizada nos livros. Esse é um dos indicativos sobre o tratamento fenomenológico atribuído a esse conteúdo em todas as obras.

Propriedades e aplicações de isômeros associadas a diferentes contextos têm pouco destaque nos livros investigados. Os isômeros mostrados nos textos normalmente são diferenciados apenas por suas representações estruturais. Quando indicadas, as propriedades das substâncias isoméricas, geralmente exemplificados aos pares, resumem-se a temperaturas de ebulição e de fusão, solubilidade, rotação ótica, percepção odorífera e atividade farmacológica de estereoisômeros.

A carência de uma contextualização histórico-epistemológica e das aplicações das propriedades das substâncias isoméricas incide sobre a baixa utilização de argumentos explicativos ao longo dos conteúdos abordados nos livros. Não se explica: o por quê do isomerismo; como o conceito de isômeros foi formulado; o que leva à existência de tipos diferentes de isomerismo; o por quê das diferenças das substâncias isoméricas. Em relação a esse último aspecto, alguns livros dão destaque às explicações sobre os por quês da atividade ótica e da atividade biológica de enantiômeros contendo carbono estereogênico.

A análise dos livros permitiu verificar que eles seguem uma organização relativamente similar. A triangulação de dados obtidos dos livros de química investigados indica um tipo de estruturação do conteúdo isomeria, nos diferentes níveis de ensino, que resulta em uma abordagem fragmentada em detrimento de uma visão sistêmica. Há pouca articulação entre os diferentes tipos de isômeros, de modo a não se transmitir intencionalmente a ideia de coesão

no conteúdo. Em determinados momentos, o tratamento realizado não dá a entender que os diferentes casos particulares abordados contêm uma mesma essência.

Os tratamentos dispensados ao conceito de isômeros nessas obras não se direcionam a explicar quais são mecanismos da dinâmica do isomerismo sobre a diversidade de substâncias isoméricas. Com isso, a sequência linear, na qual se apresentam as classes de isômeros, não expressa a diversidade dos isômeros como resultado de relações quantitativas e qualitativas decorrentes da manifestação de uma essência comum, associada a sua estrutura química. Os livros se voltam mais a vincular as características dos isômeros às suas fórmulas estruturais. Porém, notadamente, essa vinculação se direciona ao aspecto representacional e não ao aspecto fenomenológico, resultante da relação composição-constituição-estereoquímica, referente à estrutura molecular, com as propriedades e aplicações dos isômeros. As abordagens empreendem mais atenção à simbologia química do que à concepção sub-microscópica de estrutura química.

As abordagens dos livros de química orgânica investigados, por não conseguirem estabelecer uma tensão dialética, acabam causando a polarização de relações contraditórias. Tal problema cria dicotomias quanto à: integração e compartimentalização na estrutura do conteúdo isomeria apresentado, em torno das tipologias de isômeros; diversidade e articulação das relações entre estruturas e propriedades das substâncias isoméricas; e significância e restrição do valor desse conhecimento químico para o desenvolvimento do sujeito em situação de aprendizagem.

A orientação didática utilizada pelos livros não destaca, de modo intencional, que o conceito de isômeros, historicamente desenvolvido, tem sua origem e envolve a conexão entre as diversas particularidades do isomerismo, ou seja, que esse fenômeno é expresso por uma lei do geral que está, de certa forma, no particular. Ao mesmo tempo, as abordagens nos livros de química orgânica dos diferentes níveis de ensino não destacam o inverso. Ou seja, eles não enfatizam que, dialeticamente, a lei dos diferentes casos particulares dos isômeros constitucionais e dos estereoisômeros está englobada pela lei do geral, ou seja, a lei do particular está na lei do geral. O tratamento do conteúdo isomeria não se direciona a fazer entender que cada diferente tipo de isômero contém e está contido nesse conceito, e esse conceito contém e está contido em cada caso particular, indistintamente da substância ser um isômero constitucional ou um estereoisômero. Ao tomar um tipo de abordagem voltada à polarização sequencial, linear e compartimentalizada, da isomeria entre isomeria constitucional e estereoisomeria, os livros não a consideram como a relação dialética entre o particular e o geral está presente em todo o movimento do fenômeno do isomerismo.

Esse tipo de orientação didática seguida na estruturação do conteúdo incide também na desconsideração da relação entre a essência e a aparência. Nos livros de estudos avançados e do ensino superior esse tipo de procedimento está fortemente associado à descrição dos casos particulares aos estereoisômeros; nos livros do ensino médio se volta especialmente aos isômeros constitucionais. Desse modo, as abordagens não procuram se centrar no que é comum, preferindo limitar o direcionamento à detecção do que é aparente, em termos de uma fórmula estrutural. Porém, como afirma Vigotski, “Não é a fórmula química da água senão o estudo das moléculas e do movimento molecular o que constitui a chave da explicação das propriedades definidoras da água”. (VYGOTSKY 1993, p. 19-20). Desse modo, atribuir mais significância às fórmulas estruturais acaba por resultar em uma menor significância à interconexão das ações recíprocas entre os isômeros como elementos de uma realidade.

Esse tipo de estruturação desarticulada em torno da isomeria, presente nos livros de química, reflete problemas de natureza histórico-epistemológica na compreensão do isomerismo e leva a problemas pedagógico-didáticos na organização do conteúdo e no ensino de conceitos de isômeros. Os livros parecem que se direcionarem mais a focalizar a isomeria, como uma organização didática, do que, propriamente, em apresentar e orientar os sujeitos à compreensão do isomerismo.

A seleção dos conteúdos nos livros didáticos sequenciamento exemplifica a influência do conhecimento disciplinar em isomeria sobre os demais níveis de ensino, assim como as transformações por ele sofridas para se tornar um conhecimento a ser ensinado nas escolas. Os livros de ensino superior são influenciados pelos conteúdos abordados nos livros de estudos avançados e influenciam os livros do ensino médio. No entanto, percebe-se que nessa mediação didática, os livros da química orgânica escolar utilizam criações didáticas que enfatizam o isomerismo constitucional, de modo diverso ao que ocorre nos livros dos outros níveis de ensino.

Atualmente, em especial pelas políticas públicas adotadas para a seleção de livros didáticos no Brasil, os livros do ensino médio estão mais ilustrados e melhores diagramados. Porém, em relação ao conteúdo isomeria, parece que os livros destinados à química escolar estão mais preocupados com a forma de apresentação do conteúdo do que propriamente com o conteúdo. Apesar de serem influenciados pelos livros do ensino superior na estruturação seguida, os livros do ensino médio têm dado menos atenção ao conteúdo isomeria; em alguns deles, os livros LM1 e LM2, notadamente essa supressão é bem mais drástica. Como resultado, conceitos de isômeros Z-E e isômeros *cis-trans* em alicíclicos aparecem com menor

intensidade e a isomeria conformacional é, por assim dizer, desconsiderada nos livros do ensino médio.

Essa objetividade não se associa à essência do isomerismo e vai além da seleção e organização do conteúdo. Ela também se relaciona às ênfases das abordagens, que, de certo modo, também refletem os tratamentos dados à isomeria nos outros níveis de ensino. As abordagens dos livros trazem grandes limitações no uso de modelos explicativos para o movimento histórico em torno do isomerismo. Do mesmo modo, há poucas articulações na contextualização dos isômeros, restringindo a sua significância em termos de aplicações científicas, sociais, tecnológicas e ambientais. Nesse sentido, reforça-se ainda mais a relação compartimentalizada: isômeros constitucionais → isômeros *cis-trans* → enantiômeros.

Os livros de química são produtos, objetos materiais, nos quais estão cristalizadas a atividade da comunidade química. Eles devem retratar o processo no qual se produz uma objetivação das capacidades humanas e as conquistas histórico-sociais da humanidade, fenômenos ideais, como é o caso da ciência química e das suas formas de linguagem. Porém, em relação à isomeria, os livros investigados não explicitam a atividade e as capacidades humanas em torno do isomerismo, voltando-se a priorizar as descrições, as classificações e as definições verbais de objetos. Desse modo, os livros acabam se concretizando como instrumentos de ações mediadoras limitadas para que o estudante possa se orientar mentalmente no mundo objetivo. No entanto, essa constatação não se direciona apenas aos estudantes. Ela vale para os professores e para os futuros professores de química.

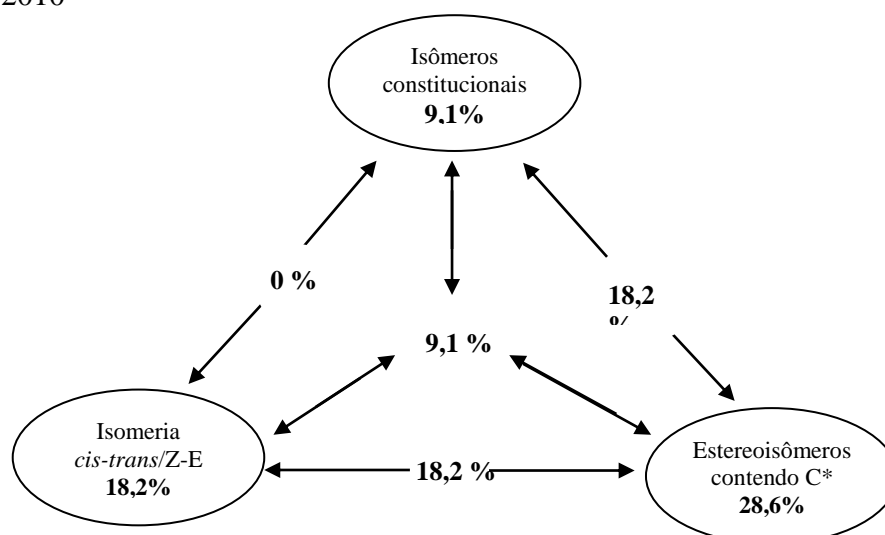
As diferenças nas abordagens da isomeria nos livros escolares colocam-nos como produtos das realidades sociais, mas com estatuto de existência própria. Portanto, eles não exibem um único padrão estrutural como reflexo de conhecimentos sociais transpostos à escola. Porém, dentro do trabalho de reestruturação do conhecimento, a fim de torná-lo assimilável pelo público escolar, os livros de química orgânica do ensino médio desenvolvem basicamente dois tipos principais de tratamentos. As abordagens dos livros LM1 e LM2 em torno da isomeria são mais reduzidas e mais superficiais que as utilizadas nos LM3, LM4 e LM5. Por sua vez, nos livros se percebe um maior grau de reprodução da estrutura seguida pelos livros do ensino superior, atribuindo-lhe um maior didatismo. Esse último conjunto de livros se associa às concepções que tomam os livros didáticos escolares como depositários de conhecimento, no qual se mantém uma lógica de criação mais estreita com conhecimento produzido em outras instâncias, tais como a universidade e os centros de pesquisa científica.

Os tratamentos dados ao conteúdo isomeria dentro dos livros de química orgânica dos diferentes níveis de ensino são indicativos de como o livro didático é um produto cultural

complexo. Dentro dessa complexidade, eles também atuam como manipuladores culturais. Nas suas estruturações, há a eleição de determinados conteúdos em detrimento de outros, assim como a hierarquização de determinados conhecimentos. Esse patamar de importância acaba exercendo uma relação bastante estreita com os processos seletivos para ingresso nas universidades, como verificado na análise das provas dos SSA.

O levantamento sobre as questões de química nas provas do SSA indica que a isomeria foi um conteúdo contemplado em 60,0%, das provas aplicadas. Na figura 28, estão indicados os percentuais de classes de isômeros presentes nas questões, tanto individualmente quanto de modo combinado.

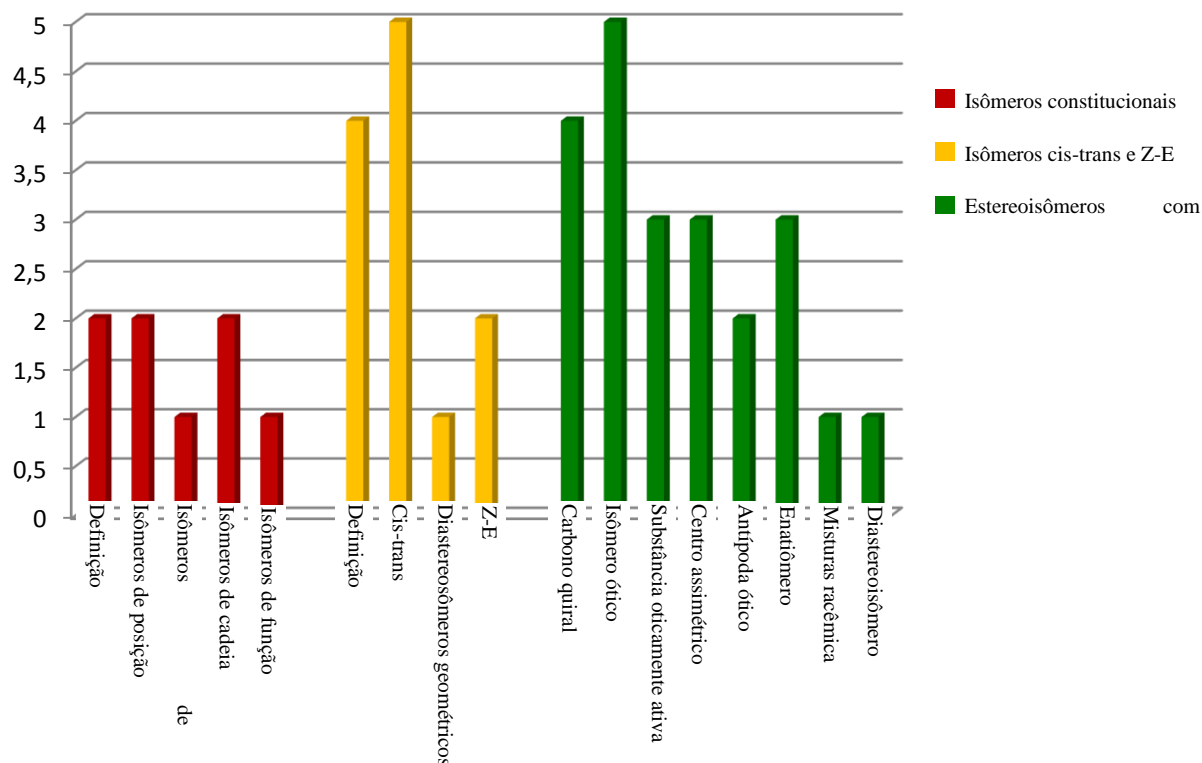
Figura 28 - Relações entre as frequências dos conteúdos de isomeria das questões das provas de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010



Fonte: o próprio autor.

Os estereoisômeros (90,9%) são mais abordados nas provas investigadas do que os isômeros constitucionais (36,4%). Além disso, os estereoisômeros contendo C* são mais constantes nas provas, tanto individualmente quanto em conjunto com outro(s) tipo de isomeria. Detalhando-se os conhecimentos em isomeria contemplados, verifica-se que as provas do SSA investigadas trazem uma abordagem conteudisticamente similar ao formato utilizado por muitos livros do ensino médio, conforme indicado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Frequências de conceitos em isomeria nas questões das provas de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010



Fonte: o próprio autor.

Um alto percentual de questões, 90,9%, apresentam um formato do tipo exercício. Elas trazem aplicações diretas dos conceitos em questões, priorizando acúmulo enciclopédico e memorístico dos candidatos. Um exemplo desse tipo de questão é apresentado na figura 29.

Figura 29 - Uma questão da prova do SSA no formato de exercício

Questão 28 da UEPG - PSS - Prova de Acompanhamento III – Vestibular 2012

– Com relação ao composto 3-metil-2-penteno, assinale o que for correto.

- 01) Apresenta plano de simetria.
- 02) É um isômero de cadeia do ciclohexano.
- 04) Não apresenta carbono assimétrico.
- 08) Apresenta isomeria geométrica.

A maioria das questões apresentava baixa exigência cognitiva, com enunciados meramente ilustrativos, que não exigiam do candidato maior mobilização de seus conhecimentos e de habilidades lógicas e cognitivo-linguísticas para resolvê-las. A habilidade explicar e identificar não integram as concepções das questões propostas. O tratamento dado à isomeria se vinculou ao reconhecimento direto de determinados tópicos do conteúdo, com

ênfase na memorização das definições de conceitos, sem contemplar as diferenças nas propriedades dos isômeros. Apenas quatro questões utilizam abordagens contextualizadas, no entanto, elas desconsideram aspectos da história da química e praticamente não fazem uso de situações baseadas ou que retratem atividades experimentais, aspecto presente em apenas uma das questões. Além disso, verifica-se a ênfase a presença das mesmas terminologias inapropriadas, constantes dos livros analisados (ver quadro 15).

As questões analisadas mostram que, no caso da química, as provas dos SSA guardam similaridades com as dos tradicionais vestibulares, como aqueles utilizadas nos livros de química orgânica analisados. As questões tratam os conteúdos curriculares como fins em si mesmos. Elas são discriminatórias do ponto de vista de “acúmulo enciclopédico” de conhecimento. Assim, as questões de química desses SSA mantêm um formato de provas ainda bastante distanciado do que é preconizado pelas atuais orientações curriculares para o ensino médio.

A análise das 1.053 questões do ENEM, aplicadas de 1998 a 2012, permitiu constatar que nas 213 classificadas como de conteúdo químico havia baixa ênfase de conceitos relacionados à química orgânica (apêndice). Em relação aos conteúdos de isomeria, eles não foram incluídos como objeto de conhecimento associado às matrizes de referência no novo modelo do ENEM, implantado a partir de 2009. No entanto, mesmo nos anos anteriores, os conceitos em isomeria também foram totalmente ausentes em todas as provas analisadas.

As diretrizes programáticas oficiais, os livros didáticos de química e as provas seletivas para ingresso em universidades públicas obedecem a alguns condicionantes comuns. Além disso, mutuamente, elas também se condicionam. Essa relação é cercada por uma série de hibridismos de discursos que circundam na comunidade química. Eles se associam uma diversidade de interesses, tais como os interesses epistemológicos, ideológicos e mercadológicos. Corroborando com Lopes (2005) nessa discussão, os livros e as provas dos processos seletivos podem se efetivar como guias curriculares e orientadores da prática docente, por vezes, com maior influência sobre as ações dos professores do que os próprios referenciais curriculares.

Os dados obtidos nos livros de química orgânica do ensino médio, nas provas de concursos para ingresso em universidades públicas e nos documentos oficiais investigados do sistema educacional brasileiro constatarem que o conteúdo isomeria é tradicional e legalmente instituído como um componente do currículo escolar. Porém, apesar de os documentos educacionais afirmarem que esse nível de escolaridade não deve ter como objetivo principal a preparação para o ensino superior, a elaboração do currículo de cada disciplina tem sido

fortemente influenciada pelos exames seletivos para ingresso nas universidades públicas, como o vestibular, e agora pelo SSA e pelo ENEM.

Ao logo de suas edições, esses exames vêm proporcionando um valor menos relevante a alguns conteúdos químicos escolares, como é visto com a isomeria conformacional, com isômeros *Z-E* e com diastereoisômeros contendo C*. Além disso, por não ser um conteúdo com conhecimentos avaliados no ENEM, deve-se ter o cuidado para que esse exame não se constitua em um mecanismo regulamentador de um currículo químico ainda mais excludente em relação à isomeria no ensino médio.

As provas ênfases dos processos seletivos das universidades públicas direcionam as escolhas de muitos professores do ensino médio. Muitas vezes, tais fatores contribuem para escolhas por determinados conteúdos químicos não pela sua importância histórica e cultural para a humanidade, mas pelo seu “peso” nos concursos seletivos ao ensino superior. Ao utilizar tal critério, realiza-se uma exclusão cultural, privando-se o cidadão em ter acesso ao conhecimento construído e socialmente difundido. Por outro lado, além de limitar culturalmente o acesso a um direito, que historicamente tem sido mediatizado pela educação escolar, a não abordagem da isomeria no ensino médio pode contribuir para reforçar a exclusão social, diminuindo as oportunidades de acesso à universidade, pois muitas instituições os continuam utilizando nos seus processos seletivos.

A realidade em torno da organização conceitual da isomeria nos livros e nos processos seletivos exemplifica a carência de uma visão sistêmica na estruturação e na abordagem desse conteúdo. Ela também é um indicativo do quanto o ensino-aprendizagem de nos diferentes níveis de química não está sendo intencionalmente promovido na direção da formação de habilidades. No caso das fontes pesquisadas, isso ficou bastante evidente na habilidade diretamente relacionada ao objeto desta pesquisa, a habilidade explicar.

Os livros de química do ensino médio e as provas de processos seletivos exercem fortes influências sobre a atividade profissional do professor de química. Eles acabam se efetivando como orientadores da ação docente. Nesse sentido, eles deixam de ser vistos como um instrumento e sim como a própria fonte do saber, consolidando-se como um depositário de saber escolar e de práticas didáticas pautadas em concepções reprodutivistas. Esse tipo de procedimento traz fortes implicações nos currículos e nas práticas didáticas dos professores de química.

A formação inicial professor de química dentro de um contexto profissionalizante deve capacitar os licenciandos a entender o movimento em torno de um conteúdo químico, como a isomeria, tanto do ponto de vista histórico-epistemológico quanto pedagógico-didático.

Movimento que é decorrente da interferência de diferentes agentes na organização desse conteúdo, inclusive os que transversalizam o currículo, e das exigências sociais e dos critérios para a sua efetivação no ensino de química. Porém, compreender o movimento não implica somente continuidade, mas também ruptura. Concordando com Núñez *et al.* (2012), para tanto, a compreensão dos modos de produção e ação desses agentes mediadores e reguladores do currículo e da prática docente deve estimular os professores a se conscientizarem da necessidade de organizar as atividades de ensino. Conscientizando-se que a aprendizagem é um processo complexo e dependente de um conjunto de fatores a serem mobilizados e, que para tanto, necessita de uma adequada formação profissional

A formação profissional do futuro professor de química passa pelo domínio de um sistema de conhecimentos e de habilidades, que incluem os requeridos para o ensino de isomeria. Esse domínio deve proporcionar ao futuro professor a apropriação do conhecimento contemporâneo em isomeria, proporcionando-lhe experiências formativas para pensar sobre as possibilidades de como ensinar esse conteúdo. No entanto, para desenvolver um pensar epistêmico, o domínio de instrumentações conceituais para saber transformar o conhecimento e utilizá-lo na sua futura atividade de ensino.

Levando-se em consideração o exposto, esta pesquisa pretende contribuir na carência de trabalhos que analisam o ensino-aprendizagem de isomeria. Para tanto, a partir da apreensão da realidade da organização conceitual e das propostas relacionadas à formação de habilidades no ensino-aprendizagem de isomeria, será orientada a busca de novas sínteses transformadoras quanto à relação entre aspectos curriculares e didáticos do conteúdo isomeria. Esse olhar foi desenvolvido um Sistema Didático para a formação da habilidade explicar as propriedades das substâncias isoméricas, sobre a qual se projetou a estruturação do conteúdo isomeria, dentro de uma visão sistêmica, com base na teoria de Galperin. Os resultados desse segundo momento da pesquisa são apresentados no capítulo seguinte.

7 UM SISTEMA DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES DOS ISÔMEROS: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE P. YA. GALPERIN

O Sistema Didático está concebido como uma forma para se planificar o processo de ensino-aprendizagem de isomeria em torno da formação da habilidade explicar as diferenças das propriedades dos isômeros. A sua estruturação considerou a interconexão entre os seguintes elementos: o modelo de profissional esperado para o licenciado e as atividades que o professor de química realiza, especialmente na escola; os objetivos e os indicadores qualitativos para controle e avaliação do processo; os conteúdos (sistema de conhecimentos e habilidades); os modos de atuação e a lógica científica em que a mesma se baseia para uma abordagem sistêmica, em termos estruturais e funcionais. Nesse sentido, considerando as orientações de Núñez (2009, 1996a, b, 1992), o planejamento do Sistema Didático foi proposto em acordo com alguns princípios básicos do ensino, que estão elencados a seguir.

- A aprendizagem como um tipo específico de atividade, dialeticamente vinculada à atividade de ensino, na qual o licenciando é sujeito e objeto ativo, motivado e orientado por finalidades (objetivos).
- A unidade entre os conceitos, procedimentos e valores, como expressão de um ensino que instrui, educa e contribui para o desenvolvimento integral da personalidade dos estudantes, inclusive em formação profissional para ser professor.
- A concepção sistêmica das categorias de ensino - objetivos, conteúdos, métodos, meios e avaliação - que estão relacionados e formam um sistema complexo e em desenvolvimento.
- A apropriação conceitual através da ascensão do abstrato para o concreto.
- A assimilação da habilidade geral como um processo que segue várias etapas, explicitadas pela teoria de Galperin (2001).
- O pensamento teórico como resultado da organização sistêmica do conteúdo e da base orientadora da ação (BOA) tipo III.
- A estruturação de um sistema de tarefas como o núcleo central da organização do ensino, baseando-se na aprendizagem por problemas planejados em acordo com o enfoque assumido.
- A busca pela garantia de altos graus de consciência, da independência, do domínio na apropriação dos conhecimentos e das suas transferências a novas situações.

7.1 OS OBJETIVOS E OS INDICADORES QUALITATIVOS DO SISTEMA DIDÁTICO

Os objetivos do Sistema Didático se relacionam diretamente com os indicadores qualitativos e se voltam ao planejamento, à orientação, à execução e ao controle do processo formativo da habilidade geral e à avaliação do seu desenvolvimento.

7.1.1 O objetivo do Sistema Didático

O objetivo geral do Sistema Didático visa a assimilação do objeto de estudo e se relaciona diretamente à habilidade explicar as propriedades dos isômeros. Ele se direciona à máxima aspiração formativa e se revela nos elementos gerais para o desenvolvimento do conteúdo isomeria, enquanto sistema de conhecimentos e de habilidades. Compreende-se essa habilidade como uma manifestação do conteúdo de isomeria que o licenciando deve dominar e sobre o qual será organizado no Sistema Didático e sobre o qual é possível desenvolver um processo de ensino-aprendizagem dentro de uma experiência didática.

A formação dessa habilidade direcionará a apropriação dos conhecimentos em isomeria desenvolvidos historicamente pela humanidade, dentro de limites de generalização propostos e dos procedimentos necessários para tal finalidade. Isso significa resolver diferentes tarefas para os casos de isômeros constitucionais e estereoisômeros, não como casos particulares, mas como manifestações de uma essência comum, articulando-se com o desenvolvimento de atitudes e valores, como componentes da educação química.

A habilidade articulará o processo de ensino-aprendizagem, com base nos componentes funcionais da atividade: orientação, execução e controle. Esses estão relacionados ao conjunto de indicadores de avaliação da qualidade das ações desempenhadas.

7.1.2 Os indicadores qualitativos

Com base nas discussões de Nuñez e Pacheco (1997) e em Núñez (2009) sobre a seleção de indicadores para o ensino-aprendizagem de química fundamentada na teoria de Galperin, um conjunto de quatro indicadores qualitativos foi selecionado para se constituir como os critérios para avaliar a qualidade do processo de formação da habilidade, conforme indicado no quadro 19.

Quadro 19 - Objetivo geral e indicadores qualitativos do Sistema Didático

Objetivo geral como habilidade a ser formada	Indicadores qualitativos da habilidade
Explicar as propriedades dos isômeros	Alto grau de generalização Alto grau de consciência Alto grau de independência Forma mental da ação

Fonte: o próprio autor

Esses indicadores serão responsáveis por definir os aspectos qualitativos e permitir diferenciar as ações que podem ser desenvolvidas na experiência didática: as automatizadas das não automatizadas, as conscientes das não conscientes, as gerais das particulares, as abstratas das concretas, as sólidas ou estáveis das não estáveis e as materiais das mentais. As características dos indicadores qualitativos elencados estão expressas a seguir.

Indicadores primários

- Alto grau de generalização - Resolver exitosamente situações com a BOA tipo III, que orienta a atividade de identificação de isômeros e de explicação de propriedades quantitativas – temperaturas de fusão e de ebulição, e atividade ótica - exibidas em distintos casos de isomerismo, reconhecendo limites de aplicação do conhecimento e do procedimento utilizado. Esse limite também estará circundado pela aplicação da isomeria aos compostos orgânicos que sejam: isômeros constitucionais, isômeros conformacionais, enantiômeros com carbono(s) estereogênico(s) (C*), diastereoisômeros com C*, isômeros Z-E e isômeros cis-trans. Além disso, será preciso, com sucesso, transferir os conhecimentos a situações novas, incluindo isômeros inorgânicos, solubilidade, e semioquímica, ou seja, a propriedades biológicas referentes à comunicação química entre animais.
- Alto grau de independência - Resolver independentemente as tarefas, sem nenhum tipo de apoio: sem ajuda do professor, de outro colega ou de outra ajuda externa.
- Forma mental da ação - Assimilar no plano mental, o modelo da atividade, para se orientar na resolução de várias tarefas dentro dos limites de generalização estabelecidos.

Indicador secundário

- Alto grau de consciência - Saber argumentar as ações realizadas para a solução correta da tarefa, manifestando a compreensão da atividade, tanto do ponto de vista químico-

conceitual quanto procedimental, em relação a apropriação do pensamento químico e na instrumentalidade com o mesmo nas identificações e explicações com as quais se deparar.

O grau de consciência é um indicador muito importante, mas ele não pode ser formado por via direta. Ele resultará de combinações das características dos indicadores primários.

7.2 A ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE ISOMERIA

7.2.1 A seleção e estruturação do conteúdo

Os conteúdos de isomeria foram selecionados a partir da análise de aspectos relacionados ao seu ensino-aprendizagem. Com base nas discussões realizadas no capítulo 6, considerou-se a relação entre os conhecimentos necessários para a educação escolar e a formação profissional do professor. A partir dessa seleção eles foram estruturados com o enfoque sistêmico funcional-estrutural. Para tanto, procedeu-se a organização do conteúdo por meio das seguintes etapas:

- i) de estabelecimento do vínculo do conteúdo isomeria com tarefas básicas da profissão de professor de química;
- ii) determinação de um núcleo básico de conhecimentos conceituais do conteúdo isomeria;
- iii) delimitação da estrutura da atividade de explicar as propriedades dos isômeros e da invariante funcional para a execução da habilidade

Com base na aplicação do método teórico da atividade de Talízina, a determinação dos conhecimentos e habilidades do conteúdo do Sistema Didático considerou, inicialmente, a correspondência entre a competência formal do licenciado de química, as habilidades a serem desenvolvidas ao longo da sua atividade formativa inicial e as tarefas básicas do futuro professor de química no seu campo de atuação profissional. A triangulação de dados obtidos nos documentos educacionais pesquisados (diretrizes curriculares nacionais para os cursos de licenciatura em química, nas orientações curriculares nacionais para o ensino de química escolar e os parâmetros curriculares para o Estado de Pernambuco) proporcionou a seleção de um conjunto de situações vinculadas à isomeria, em termos de conhecimentos químicos, habilidades e valores. Essas situações se relacionam a dois aspectos principais escolhidos para o conteúdo, que correspondem a saberes curriculares necessários à base de conhecimentos profissionais, para os quais se determinaram as principais tarefas básicas do professor de química (quadro 20).

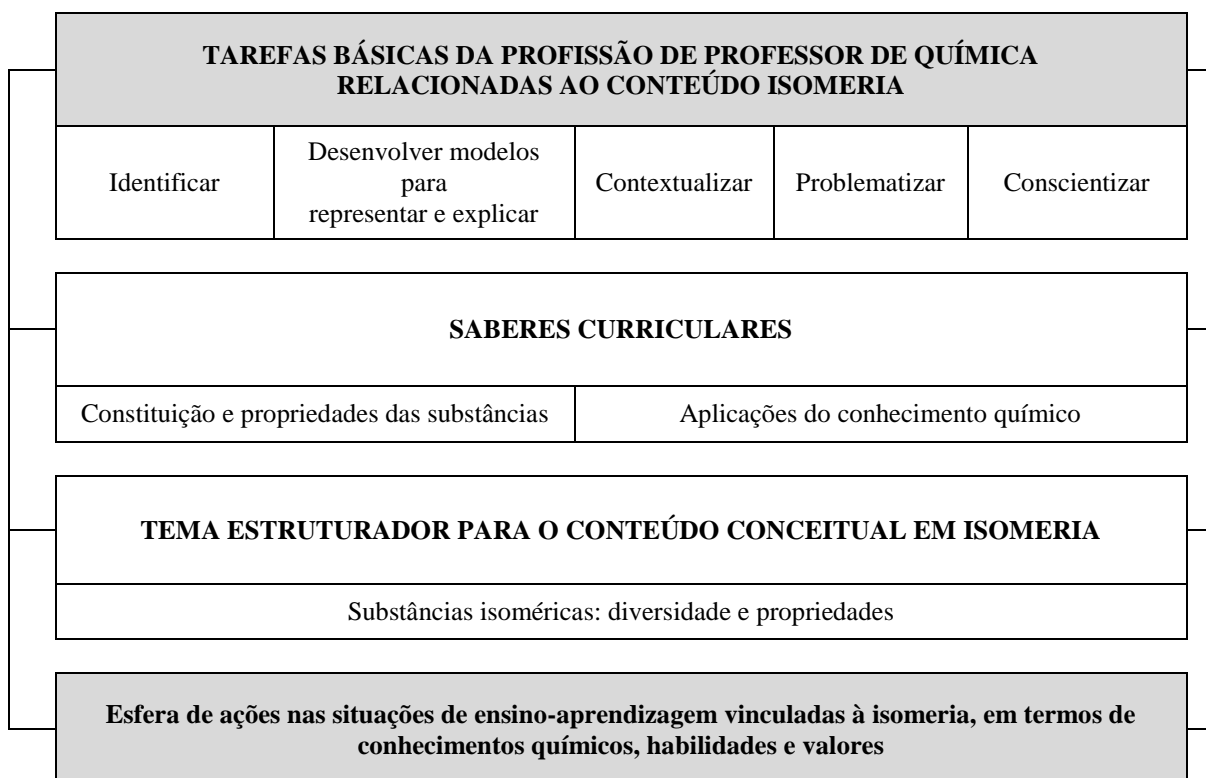
Quadro 20 – Vínculo do conteúdo isomeria com tarefas básicas da profissão de professor de química

Tarefas básicas da profissão	Saberes curriculares	Esfera de ações nas situações de ensino-aprendizagem vinculadas à isomeria, em termos de conhecimentos químicos, habilidades e valores
<p>•Desenvolver modelos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Representar - Identificar - Explicar 	<p>Constituição e propriedades das substâncias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relação entre as estruturas das substâncias, suas propriedades físicas e/ou químicas e aplicações. • Influência de arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação de cadeias, ligações e funções orgânicas. • Vínculos da estrutura química com a qualidade e quantidade de substâncias orgânicas, representativas das funções: hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, carboidratos, lipídeos e proteínas. • Linguagem simbólica da química, compreendendo seu significado em termos microscópicos com a organização de seus constituintes
<p>Contextualizar</p> <p>Problematizar</p> <p>Conscientizar</p>	<p>Aplicações do conhecimento químico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreensão da ciência e da tecnologia como criação humana, influenciada pelas necessidades sociedades em diferentes épocas. • Ações positivas e negativas na natureza e na humanidade. • Limites da ciência e o significado das suas dimensões sociais e políticas. • Mutabilidade e incerteza das teorias e dos modelos científicos. • Influência no desenvolvimento tecnológico e na complexa relação com a tecnologia ao longo da história. • Participação no desenvolvimento tecnológico atual, em diferentes áreas. • Presença na cultura humana contemporânea, em diferentes âmbitos. • Responsabilidades sociais na defesa da qualidade de vida e dos direitos do consumidor. • Relevância na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente. • Influência, sob o ponto de vista ético e global, no desenvolvimento de atitudes e valores compromissados na busca de preservação ambiental, redução das desigualdades étnicas, sociais e econômicas.

Fonte: o próprio autor

Os modos de atuação do professor de química foram associados a uma temática principal para o conteúdo isomeria no Sistema Didático, ou seja, substâncias isoméricas: diversidade e propriedades dos isômeros. Essa temática exprime da relação quantidade-qualidade em torno do isomerismo. Ela derivara das interpretações realizadas sobre a realidade e as necessidades em torno do ensino-aprendizagem em isomeria, considerando tanto as recomendações sobre o ensino-aprendizagem de química quanto à organização desse conteúdo nas fontes de pesquisa investigadas. Desse modo, essa temática se inter-relaciona com a esfera de ações existentes nas situações de ensino-aprendizagem vinculadas à isomeria, dentro das tarefas básicas da profissão de professor de química como é mostrado no esquema 4.

Esquema 4 - Aspectos utilizados para selecionar os temas estruturadores dos conhecimentos conceituais do Sistema Didático para a formação da habilidade geral



Fonte: o próprio autor.

Realizada a vinculação das tarefas profissionais do professor para ensinar química em relação ao conteúdo isomeria, partiu-se para a seleção de conhecimentos conceituais relacionados aos isômeros. A partir dessa seleção, procedeu-se a estruturação sistêmica funcional-estrutural.

A maioria das propostas do ensino médio e do ensino superior de química privilegia uma organização que se expressa em uma linearidade, não-articulada, entre os diferentes tipos de isomeria da seguinte forma:

Isômeros constitucionais → Estereoisômeros → Isômeros conformacionais →

Isômeros *Z-E* e *cis-trans* → enantiômeros → Diastereoisômeros.

Em geral, a falta de uma interação funcional nessas propostas leva à apresentação de blocos organizadores do conhecimento em isomeria por níveis de complexidade/dificuldade ascendentes, conforme verificado na análise dos livros de química orgânica e como se constata nas práticas pedagógico-didáticas de muitos professores do ensino médio (MARCELINO-JR *et al.*, 2009).

A organização didática comumente proposta para o conteúdo isomeria finda por tratar os conceitos e os procedimentos de estudo como casos isolados, dissociados uns dos outros, que acabam contribuindo por estabelecer relações dicotômicas e polarizadas entre: integração e compartimentalização; diversidade e articulação; significância e restrição. Os tratamentos priorizados nessas abordagens acabam por não orientar o estudante a compreender a essência entre as distintas manifestações do isomerismo, pois o desenvolvimento da lógica do geral ao particular e do particular ao geral não é apresentada com clareza. Nessas abordagens, a intervinculação e interdependência entre forma e conteúdo também é limitada no que corresponde à contextualização em torno do conceito de isômeros, que acabam por privilegiar os aspectos teórico-representacionais em detrimento dos macroscópicos e sub-microscópicos. Com isso, as propriedades e aplicações das substâncias isoméricas não são destacadas, colaborando para a manutenção de abordagens associadas a contextos pouco explicativos.

A seleção de conteúdos a serem ensinados é uma das atribuições da profissão de professor. Entre os aspectos que a permeiam, encontra-se a relevância que deve ser dada aos objetivos aos quais eles se destinam. Desse modo, nem pouco de menos, nem muito demais. A partir das questões acima discutidas, na seleção dos conteúdos de isomeria para o Sistema Didático foram escolhidos os conhecimentos conceituais que são representativos do desenvolvimento histórico-epistemológico e que deem subsídios para a formação da habilidade no licenciando, visando a sua futura prática pedagógica como professor de química. Eles estão indicados no quadro 21.

Quadro 21 - Conteúdo proposto para o Sistema Didático

Sistema de conhecimentos conceituais
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos gerais: estrutura química, fórmula molecular, representações estruturais 2D e 3D; rotação em torno de ligação σ C-C-; geometria em torno da C=C; carbono estereogênico (C*); elementos de simetria; constituição; conformação; configuração. • Invariante do isomerismo: composição química idêntica e estrutura química diferente. • A diversidade das substâncias isoméricas: isômeros constitucionais e estereoisômeros. • Enantiômeros com carbono(s) estereogênico(s). • Diastereoisômeros contendo carbono(s) estereogênico(s). • Isômeros <i>Z-E</i> e isômeros e isômeros <i>cis-trans</i> • Isômeros conformacionais. • Propriedades das substâncias isoméricas: temperatura de fusão, temperatura de ebulição e atividade ótica.

Fonte: o próprio autor

Os conhecimentos selecionados evidenciam a centralidade do conceito de isômeros para o entendimento de aspectos fundamentais na química, com base na identificação de

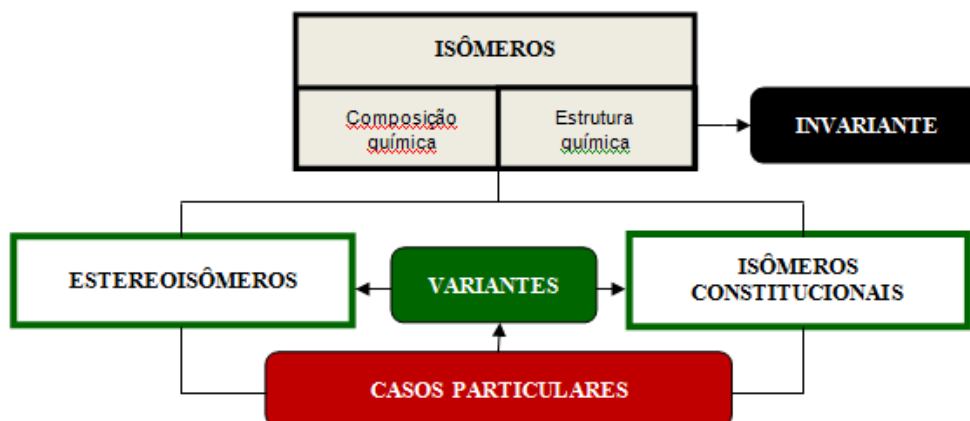
substâncias isoméricas e nas explicações sobre as diferenças das suas propriedades. Ao se realizar essa seleção, optou-se por conteúdos que:

- sejam conhecimentos conceituais significativos para a base de conhecimentos profissionais do professor de química e também para o estudante do ensino médio, para ampliar tanto o conteúdo quanto a forma dos seus pensamentos;
- contribuam para fundamentar explicações científicas necessárias para que os licenciandos e os estudantes possam significá-los e compreendê-los de forma socialmente relevante, dando-lhes sentido em um mundo dominado pela ciência e pela tecnologia.

Desse modo, esse conjunto viabiliza: i) o direito alienável do sujeito em fase de escolarização ao acesso ao conhecimento disseminado pela humanidade; ii) a importância do isomerismo para química; e iii) a atualidade da isomeria como componente curricular.

A seleção efetuada também remete a uma abordagem do conteúdo isomeria diferente, da tradicionalmente desenvolvida no ensino-aprendizagem de química. Com base em Reshetova (1988) e em Núñez e Pacheco (1996), a estruturação do conteúdo conceitual foi realizada a partir da aplicação do método sistêmico estrutural-funcional. Com isso, o isomerismo é apresentado como um fenômeno da realidade e a isomeria como um sistema que revela e fundamenta a sua lógica para uma orientação sistêmica (esquema 5).

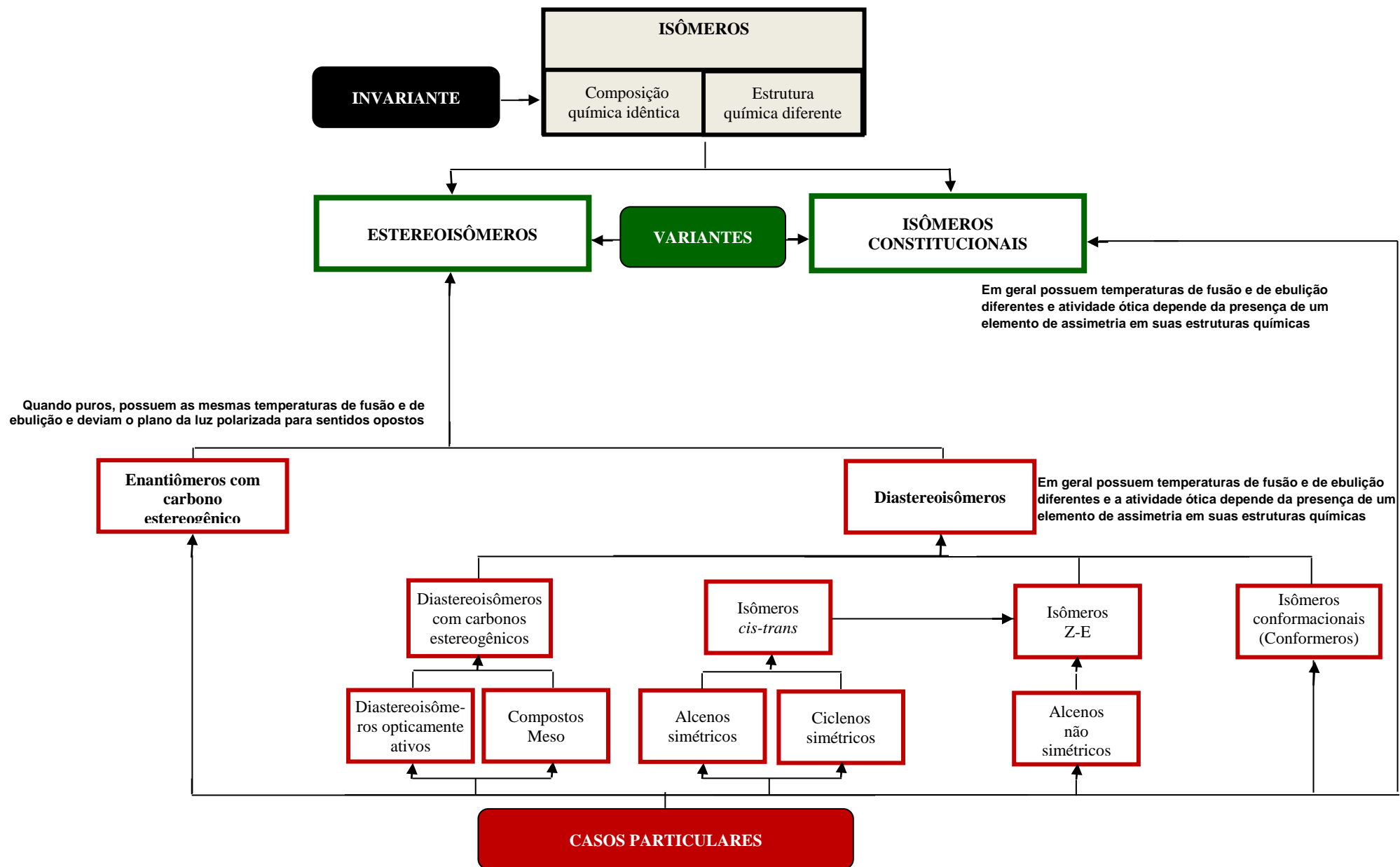
Esquema 5 - Estruturação conteúdo conceitual da isomeria no enfoque sistêmico estrutural-funcional



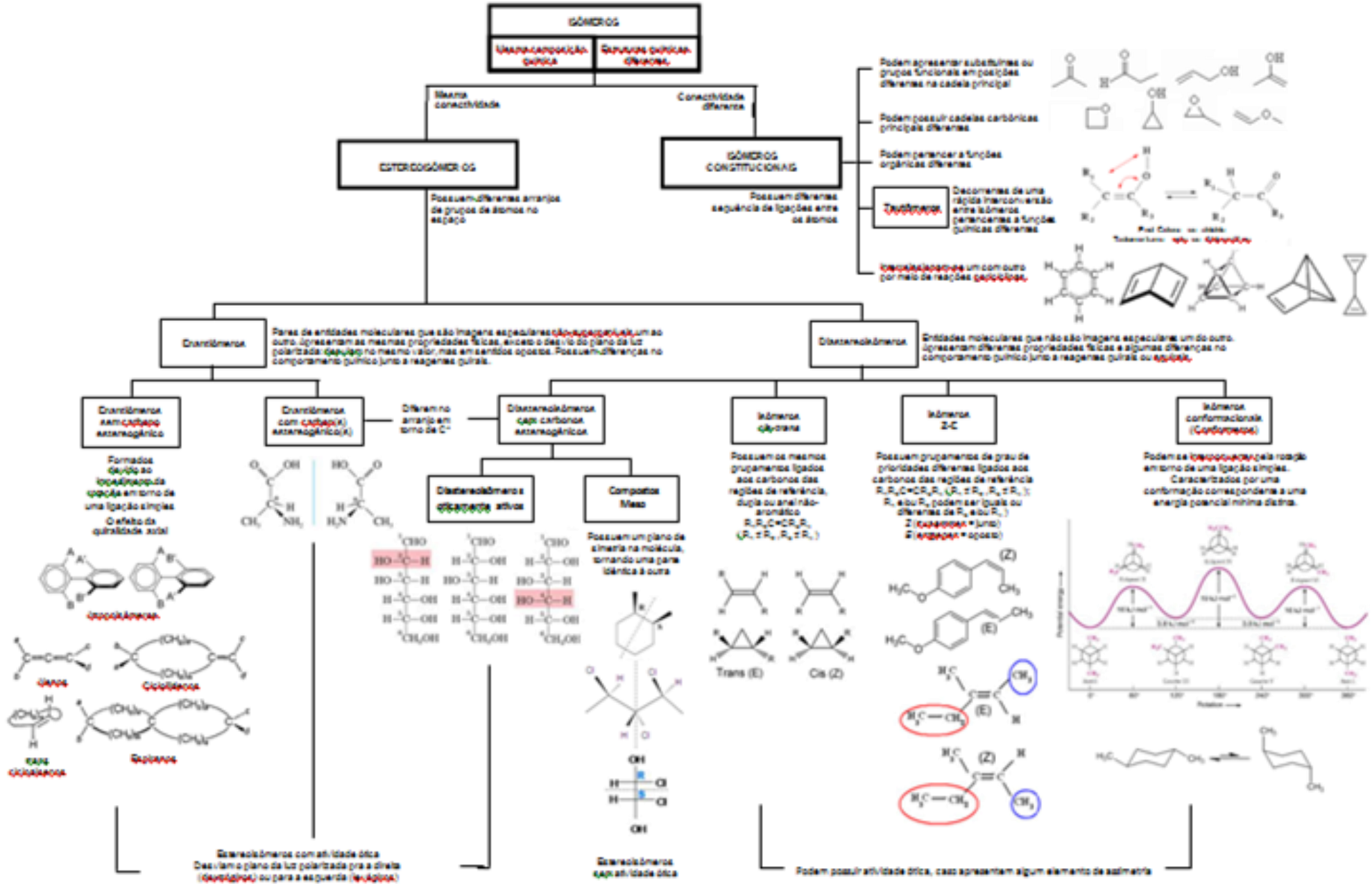
Fonte: o próprio autor.

Essa estruturação abrange os conhecimentos conceituais mais gerais ou essenciais que constituem a base de todo o sistema de conhecimentos, incluindo os conhecimentos de caráter particular. O detalhamento desse sistema conceitual é mostrado no esquema 6, que difere da linearidade geralmente utilizada nas abordagens de isomeria, centradas nas particularidades dos isômeros (esquema 6).

Esquema 6 - Estruturação do conteúdo isomeria de acordo com o enfoque sistêmico estrutural-funcional



Esquema 7 - Detalhamento dos casos particulares do conteúdo isomeria



Esse sistema representa o núcleo generalizado da isomeria. Por meio de sua estrutura, expressam-se o volume e o conteúdo do conceito de isômeros. O volume é dado pelas classes de objetos que se relacionam com o conceito e que se reúnem por meio dele. O conteúdo se relaciona ao sistema de características necessárias e suficientes com as quais ocorre a inclusão dos distintos tipos de objeto dentro de uma única classe, ou seja, a presença de uma mesma composição química e de estruturas químicas diferentes. Separadamente, nenhuma dessas características permite reconhecer objetos dessa classe. Por isso, até a proposição de Butlerov o conceito de isômeros não havia sido satisfatoriamente explicado. Como estabelecido na ontogênese desse conceito, a relação entre essas características é conjuntiva, ou seja, essas duas características são necessárias em todo o conjunto.

As variantes do sistema, os isômeros constitucionais e os estereoisômeros, abrangem o grau de generalidade e as particularidades do isomerismo, agrupando as demais categorias particulares das substâncias orgânicas isoméricas. Os isômeros constitucionais apresentam constituições diferentes. Os estereoisômeros apresentam configurações (enantiômeros e diastereoisômeros) ou conformações diferentes (isômeros conformacionais). Em geral, os isômeros constitucionais e dos diastereoisômeros possuem temperaturas de fusão e de ebulição diferentes e atividade ótica depende da ausência de um elemento de simetria em suas estruturas químicas. Já os enantiômeros, quando puros, possuem as mesmas temperaturas de fusão e de ebulição e desviam o plano da luz polarizada para sentidos opostos.

Essas duas variantes retratam a homogeneidade na natureza das características necessárias e suficientes dos isômeros e no caráter das múltiplas interações existentes entre essas substâncias. Características que são o reflexo das diferenças nas suas estruturas químicas. Assim, há uma coordenação, uma função constante, dentro desse sistema, na qual os diferentes tipos de isômeros são assumidos como particularidades de uma invariante conceitual. Essas manifestações da essência se agrupam como isômeros constitucionais ou estereoisômeros.

Mudanças nas sequências de ligações entre os isômeros incidem em modificações da homogeneidade relativa em parte do sistema, provocando mudanças nas funções, levando à relação funcional de subordinação. Essa subordinação tem um caráter definidor, no qual os isômeros são tratados como um conjunto de subsistemas hierarquizados, estruturados em níveis diferentes, em torno dos seus dois núcleos básicos, ou seja, as variantes. A coordenação e subordinação das variantes proporcionam a integração do sistema e correspondem aos mecanismos que garantem a sua estabilidade e o seu funcionamento, do ponto de vista metodológico.

A organização do sistema de conhecimentos apresenta uma sequência lógica e pedagógica, que são coerentes com o rigor e a profundidade química requeridos para o seu tratamento. O rigor químico se manifesta na exigência da clareza e na atualização dos conceitos em isomeria, de acordo com as orientações da IUPAC e das proposições consensuais da comunidade químico-científica. A profundidade dessa organização se relacionará ao ritmo e à carga conceitual para o domínio de um modo sistematizado de se proceder cientificamente com o conteúdo, visando formar a habilidade explicar as propriedades dessas substâncias.

Como tem sido destacado por Núñez (2009), tal tipo de estruturação contribui com a possibilidade do licenciando ou estudante pensar a nível teórico. A organização sistêmica aqui proposta permite dimensionar a diversidade dos isômeros, na relação qualidade-quantidade do isomerismo, ao qual se associam às diferentes propriedades exibidas pelas substâncias isoméricas.

O sistema conceitual apresenta uma invariante, que se associa ao núcleo do próprio conceito de isômeros: mesma fórmula molecular e estruturas químicas diferentes. Assim essa invariante do conteúdo isomeria reúne os elementos que permanecem fixos dentro do sistema. Apesar de ter sido historicamente consolidada para elucidar e explicar esse fenômeno, e ser utilizada para os diferentes casos de isomerismo, didaticamente, essas características do conceito de isômeros não são comumente tratadas com esse tipo de compreensão. Ao se considerar uma invariante para esse sistema, passa-se a destacar intencionalmente a isomeria como uma necessidade constante em se atender um conjunto específico de condições de ocorrência para cada tipo de isômero, mas com a manifestação de uma essência comum. Por isso, apesar de terem fórmulas moleculares idênticas, os isômeros são substâncias distintas e exibem pelo menos uma propriedade diferente, pois apresentam estruturas químicas diferentes.

As relações funcionais (verticais e horizontais) presentes na estruturação do conteúdo isomeria de acordo com esse enfoque sistêmico se voltam às relações estreitas que existem entre os componentes do sistema e as suas características. O conceito de isômeros é apresentado como um objeto complexo a ser assimilado, evidenciando-se os mecanismos de sua origem, de seu funcionamento e de seu desenvolvimento, com base nas suas características internas (composição química e estrutura química) e externas (propriedades exibidas). Por meio dessa sistematização o conhecimento químico isomeria passa a ficar estruturado em seu nível mais desenvolvido, em sua totalidade.

As variantes, os isômeros constitucionais e os estereoisômeros são abordados dentro na lógica das identidades e diferenças químicas entre dois ou mais isômeros por meio da representação molecular, em termos de fórmulas moleculares e representações estruturais, fórmulas estruturais ou modelos moleculares. Nessa perspectiva, as fórmulas estruturais bi e/ou tridimensionais são tidas como as representações adequadas para realizar predições acerca das propriedades e das transformações químicas que os isômeros podem sofrer. Com isso, articula-se também um conjunto de qualidades específicas associadas às diferentes propriedades dos isômeros, como um todo, garantindo o funcionamento e o desenvolvimento do sistema isomeria.

Organizada em uma perspectiva funcional-estrutural a isomeria passa a ser analisada como um sistema determinado qualitativamente e no qual se revelam as propriedades sistêmicas integrativas dos isômeros. Ao se unir totalmente os elementos do sistema, por meio de linhas, reforçam-se os vínculos entre os distintos tipos de isômeros como conteúdo. Desse modo, destaca-se tanto a inter-relação entre os seus componentes quanto o fato de que cada parte do sistema tenha a sua estrutura interna. Portanto, o conceito de isômeros passa a ser interpretado como uma formação integrada, no qual as características específicas integradas não se reduzem às características de seus componentes, ou seja, a organização sistêmica estrutural-funcional possibilita a existência de um todo, com determinadas qualidades integrativas.

O movimento de descrição dos isômeros se desenvolve do geral ao particular, associando-se a generalizações sobre as possíveis diferenças nas suas características estruturais e nas propriedades exibidas. Com isso, a apropriação dos conhecimentos de caráter geral precede a familiarização com conhecimentos particulares, embora sejam estudados conjuntamente. Tal estratégia corresponde ao princípio de ascensão do abstrato ao concreto, considerando-se que os conceitos mais abstratos e inclusivos são a base para aprender conceitos da realidade (NUÑEZ, 1999). A compreensão das características internas do sistema contribuirá com a possibilidade do licenciando pensar a nível teórico, no sentido de identificar isômeros e explicar as suas propriedades. Nesse caso, é se trabalhar com substâncias e pensar com representações estruturais para entender e explicar as propriedades dos isômeros. Esse tipo de posicionamento também converge com uma das tarefas básicas da profissão de professor de química, a modelização.

A interdependência desse sistema com o mundo externo pode ser verificada nas aplicações das propriedades dos isômeros para compreensão de outros fenômenos, como a visão humana. Por sua vez, essas características externas do sistema se relacionam com as

aplicações das substâncias isoméricas e, conseqüentemente, com as inter-relações com a natureza e com as atividades humanas. Dialeticamente essas características se referem às tarefas básicas da profissão citadas anteriormente e àquelas relacionadas com aplicações do conhecimento químico, como: contextualizar, problematizar e conscientizar.

Nessa estruturação sistêmica voltada à identificação de isômeros e explicação das suas propriedades é necessário que sejam analisadas as condições de aparição do(s) tipo(s) de isomerismo para a construção de uma orientação geral com um alto grau de generalização. Especificamente em relação aos objetivos desta pesquisa, o limite de generalização escolhido remete à utilização de um sistema amplo no qual se integrariam os conhecimentos curriculares de isomeria presentes nos conteúdos curriculares de química orgânica. Essa escolha se deve a dois fatores principais: i) fora desse limite de generalização há poucos casos particulares de isomerismo; e ii) a abordagem da isomeria na escola é tradicionalmente tratada dentro de conteúdos de química orgânica.

Conforme tem sido destacado por Núñez (2009, 1999, 1996) para esse tipo de abordagem a outros conteúdos químicos, a organização do conteúdo isomeria com base em uma estruturação sistêmica também pretende aumentar a capacidade informacional, mas, ao mesmo tempo, diminuir a sobrecarga de conteúdos e promover uma melhor otimização do tempo didático. Com isso, por exemplo, o detalhamento de tipologias de isômeros constitucionais não se torna necessário, pois as particularidades desse tipo de isomeria fazem parte de uma variante, pertencente a um todo, a uma invariante expressa no conceito. Agindo desse modo, almeja-se que o desenvolvimento do pensamento teórico do licenciando se dirija para a orientação do conteúdo e do seu modo de estruturação sistêmica. Assim, a estruturação utilizada busca fornecer conteúdos significativos, como no sentido expresso por Libâneo (2009), para que se transformem em instrumento cognitivo do estudante, ampliando tanto o conteúdo quanto a forma do seu pensamento. Portanto, a estruturação proposta não visa restringir a aprendizagem de isomeria à formação de um pensamento meramente descritivo e classificatório.

A significância dos conhecimentos em isomeria será obtida nas aplicações dos conceitos à medida que o uso da sistematização proposta esteja articulado e seja parte da execução de um processo de formação da habilidade, de acordo com a teoria de Galperin. A instrumentalidade desse processo se relaciona a própria formação de um pensamento teórico, químico, com base nos conceitos em isomeria.

7.2.2 A estrutura da atividade de explicar as propriedades dos isômeros e a invariante funcional para a execução da habilidade

A invariante funcional de execução da habilidade corresponde ao sistema de operações da ação. Ela se estabelece como um procedimento operacional para a execução correta da atividade (habilidade). O sujeito desenvolve uma instrumentalidade para atuar diante de múltiplos tipos de isômeros e de situações particulares envolvendo o isomerismo, para explicar as propriedades exibidas por substâncias isoméricas.

Com base no método de análise da estrutura da atividade (TALÍZINA, 1988), essa invariante foi proposta a partir de uma análise funcional-estrutural aplicada às particularidades das variantes de identificar isômeros e de explicar as suas propriedades. Para tanto, inicialmente, procedeu-se um inventário das características de conceitos em isomeria dentro das mesmas fontes bibliográficas utilizadas para determinação da invariante de conhecimento. Nesses aspectos, consideraram-se as relações desses conceitos com o tema estruturador para o conteúdo conceitual em isomeria: substâncias isoméricas – diversidade e propriedades dos isômeros. O quadro 22 traz a síntese dessa análise.

Quadro 22 - Características estruturais e das propriedades exibidas pelos isômeros para a determinação da invariante da habilidade de identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades, dentro do limite de generalização eleito

DIVERSIDADE DE SUBSTÂNCIAS ISOMÉRICAS			PROPRIEDADES	
Conceito	Sequência de ligações	Aspecto distintivo para a identificação dentro de determinada tipologia	Físicas	Químicas
Isômeros constitucionais não-dinâmicos	Diferentes	Dois ou mais isômeros que se diferem pelas constituições de suas cadeias carbônicas	Diferentes	Dependentes das semelhanças estruturais
Tautômeros	Diferentes	Dois isômeros que diferem pela rápida interconversão entre dois compostos pertencentes a funções químicas diferentes.	Diferentes	Dependentes das semelhanças estruturais
Enantiômeros com carbono estereogênico	Idêntica	Um par de isômeros cujas imagens espaciais não são superponíveis uma a outra. Diferem no arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos em torno de um ou mais de um carbono estereogênico.	Idênticas, exceto o desvio do plano da luz polarizada (atividade ótica).	Diferentes quando reagem com a outras substâncias quirais.
Diastereoisômeros oticamente ativos	Idêntica	Dois ou mais isômeros cujas imagens espaciais das representações estruturais não são superponíveis uma a outra. Diferem no pelo arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos em torno de mais de um carbono estereogênico.	Diferentes	Diferentes quando reagem com a outras substâncias quirais e aquirais
Composto <i>meso</i>	Idêntica	Um diastereoisômeros que difere no arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos em torno de um carbono estereogênico e apresenta um plano de simetria na molécula, tornando uma parte idêntica à outra.	Diferentes	Diferentes quando reagem com a outras substâncias quirais e aquirais
Isômeros <i>cis-trans</i>	Idêntica	Dois ou mais pares de substâncias que diferem no pelo arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos em torno de uma dupla ou ciclo. Possuem os mesmos grupamentos ligados aos carbonos das regiões de referência: $R_1R_2C=CR_3R_4$, com: $R_1 \neq R_2$ e $R_3 \neq R_4$; e $R_1=R_3$ e $R_2=R_4$.	Diferentes	Diferentes quando reagem com a outras substâncias quirais e aquirais
Isômeros <i>Z-E</i>	Idêntica	Dois ou mais pares de substâncias que diferem no pelo arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos em torno de uma dupla ou ciclo. Possuem os mesmos grupamentos ligados aos carbonos das regiões de referência: $R_1R_2C=CR_3R_4$, com: $R_1 \neq R_2$ e $R_3 \neq R_4$; e $R_1=R_3$ e $R_2=R_4$.	Diferentes	Diferentes quando reagem com a outras substâncias quirais e aquirais
Isômeros conformacionais (Conformeros)	Idêntica	Dois ou mais isômeros que diferem no arranjo espacial de átomos ou de grupos de átomos, por causa da interconversão decorrente da rotação de uma ou mais de ligação simples carbono-carbono. São caracterizados por uma conformação correspondente a uma energia potencial mínima distinta.	Diferentes	Diferenças junto a outras substâncias quirais e aquirais

Fonte: o próprio autor

A partir da diversidade de substâncias isoméricas procedeu-se um agrupamento dos casos típicos, das quantidades, que expressassem as variações qualitativas dos isômeros. Em seguida, foram analisados os critérios que os permitem agrupar por semelhanças, distinguindo-os em suas diferenças: as sequências de ligações e os aspectos característicos de cada caso típico. Por fim, foram avaliadas diferenças ou semelhanças nas propriedades exibidas por cada classe típica, dividindo-as em propriedades físicas e químicas. Também se considerou os tipos de explicações sobre as propriedades dos isômeros normalmente utilizados nas ciências e no ensino de ciências e em posicionamentos de autores do EHC.

A partir da análise das características estruturais, das propriedades exibidas pelos isômeros e das explicações sobre essas propriedades, dentro do limite de generalização selecionado e relacionando-o ao perfil profissional desejado ao professor de química, definiu-se a estrutura da atividade de explicar as diferenças nas suas propriedades (quadro 23).

Quadro 23 - Estrutura da atividade de identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades

Objetivo	Identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades		
Objeto	Apropriação de conceitos em isomeria pela via da formação de habilidades		
Motivo	Desenvolver saberes sobre o ensino-aprendizagem conceitos químicos relacionados à constituição, propriedades e aplicações das substâncias isoméricas		
Sistema de ações	Selecionar Relacionar Representar Identificar Explicar	Sistema de operações	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecionar na situação proposta inicialmente quais as propriedades serão avaliadas e as substâncias nas quais se pretendem incluir o conceito de isômeros. 2. Relacionar as diferentes propriedades elencadas às substâncias em análise. 3. Se necessário, representar as substâncias investigadas por meio de fórmulas moleculares e de fórmulas estruturais. 4. Verificar se nas substâncias investigadas está presente todo o sistema de características necessárias e suficientes do conceito: 1º) composição química idêntica; e 2º) estrutura química diferente. 5. Identificar as substâncias investigadas com uma das duas variantes do isomerismo: isômeros constitucionais e estereoisômeros. 6. Identificar casos particulares pertencentes às duas variantes do isomerismo, por meio da utilização da invariante estrutural-funcional. 7. Relacionar a(s) propriedades com as características qualitativas das suas respectivas estruturas químicas. 8. Produzir argumentos, de forma ordenada, para estabelecer uma relação causa-efeito, relacionando as propriedades citadas com as causas que as explicam, as diferenças nas estruturas químicas dos isômeros. 9. Relacionar os argumentos, dentro de uma lógica coerente. 10. Verbalizar os argumentos, por meio oral ou escrito, atribuindo significado às propriedades analisadas por meio das relações com o(s) conceito(s) de(os) isômeros, dando-lhe um sentido para oferecer uma resposta à situação proposta inicialmente.

Fonte: o próprio autor

O sistema de ações foi formatado em articulação com os principais critérios elencados por autores do Enfoque Histórico-Cultural para as estruturas das habilidades de identificar e de explicar, que no caso dos isômeros se relacionam respectivamente a: i) verificar se no objeto há o conjunto de características necessárias e suficientes do conceito de isômeros; ii) estabelecer uma lógica argumentativa sobre as relações causa-efeito entre o fenômeno observado (as propriedades) e a sua essência (as diferentes estruturas químicas). A atividade de identificar isômeros e explicar as suas propriedades está condicionada ao que se deseja ser o principal motivo cognoscitivo de um licenciando estudar isomeria. Já as ações da sua estrutura pelo objetivo geral proposto, ou seja pela própria habilidade a ser formada/atualizada. As operações estão descritas em termos mais amplos e subordinadas tanto às condições das tarefas quanto aos próprios desenvolvimentos cognitivos dos licenciandos ao longo do processo formativo, para que a atividade possa ser realizada. Com base no posicionamento teórico adotado, considerou-se como ponto de referência para a proposição do sistema operacional da estrutura da habilidade as ações identificação, e a relação causa-efeito entre as diferentes estruturas químicas dos isômeros e as propriedades dessas substâncias. São essas ações que, principalmente, permitem aprofundar o estudo da realidade objetiva com a qual o licenciando se relaciona. Nesse sentido, considerou-se que todo efeito tem uma precedência e esse é um aspecto essencial da sua identificação e da sua explicação.

A estrutura operacional da habilidade proposta envolve os conceitos de isômeros organizados na forma sistêmica estrutural-funcional e as operações necessárias para executar as ações. O sistema de ações e operações abrange o conjunto que constitui as vias, os procedimentos, com dependência das condições, para se alcançar o objetivo principal. ele atua como uma invariante operacional, ou seja, como invariante funcional da execução, interagindo com o sistema de conhecimentos para guiar a elaboração da base orientadora da ação para se identificar isômeros e para explicar das diferenças nas suas propriedades na solução de tarefas. O quadro 24 mostra a estrutura operacional dessa habilidade.

Quadro 24 - A invariante funcional de execução da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros

Sistema de ações	Sistema de operações
Selecionar as substâncias e as propriedades para análise	1. Selecionar na situação proposta as propriedades a serem avaliadas e as substâncias nas quais se pretendem incluir o conceito de isômeros. 2. Caso necessário, representar as estruturas químicas dos possíveis isômeros por meio de fórmulas das suas fórmulas estruturais.
Verificar a presença das características necessárias e suficientes dos isômeros	3. Comparar se as substâncias em estudo possuem a mesma fórmula molecular e se possuem estruturas químicas diferentes. Caso possuam, identificá-las como isômeros. 4. Comparar se as representações estruturais dos isômeros possuem a mesma sequência de ligações. 4.1 Caso não possuam, identificá-los como isômeros constitucionais . 4.2 Caso possuam, identificá-los como estereoisômeros . 5. Verificar se os estereoisômeros são imagens especulares não superponíveis um do outro. 5.1 Caso sejam, identificá-los como enantiômeros . 5.2 Caso não sejam enantiômeros, identificá-los como diastereoisômeros . 6. Analisar se as representações estruturais dos diastereoisômeros possuem diferentes arranjos em torno de carbono(s) estereogênico(s), ligação dupla e/ou anel não-aromático ou se diferem pela livre rotação em torno de uma ligação C-C. 6.1 Caso possuam diferentes arranjos em torno de carbono(s) estereogênico(s) e não possuam um elemento de simetria, que torne parte da molécula igual à outra, identificá-los como diastereoisômeros oticamente ativos ; caso possuam um elemento de simetria, identificá-los como compostos meso, ou diastereoisômeros oticamente inativos . 6.2 Caso possuam diferentes arranjos em torno de uma ligação C=C ou um anel e se os átomos ou grupos de átomos em torno de cada átomo de carbono da C=C ou se os átomos ou grupos de átomos em torno ligados a dois átomos de carbono do anel forem diferentes, identificá-los como isômeros Z-E ; se os grupos forem iguais, identificá-los como isômeros cis-trans . Usando sistema Cahn-Ingold-Prelog (CIP) quando grupo de mesma prioridade estiverem do mesmo lado do plano da ligação dupla Z ou cis; lados opostos E ou trans 6.3 Casos se diferenciem pela livre rotação em torno de uma ligação C-C, denominá-los de isômeros conformacionais .
Explicar as diferentes propriedades dos isômeros, com base na relação causa-efeito	7. Destacar a essência do termo, objeto, fenômeno ou atividade dada envolvendo as propriedades das substâncias isoméricas. 8. Identificar os isômeros envolvidos na relação causa-efeito da(s) propriedade(s) envolvida(s) como: isômeros constitucionais, isômeros conformacionais, enantiômeros com e sem C*, diastereoisômeros oticamente ativos e compostos meso, isômeros Z-E e/ou isômeros cis-trans. 9. Vincular o efeito destacado às interações inter ou intramoleculares das estruturas químicas do(s) isômero(s) identificado(s), associando-as a constituição ou a estereoquímica 10. Argumentar de forma (oral ou escrita) sobre a relação causa-efeito da(s) propriedade(s) destacada(s) a partir da essência do fenômeno do isomerismo.

Fonte: o próprio autor

A invariante funcional de execução da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros revela a relação dialética entre os níveis senso-perceptual e racional no seu processo formativo. Ela exprime a dinâmica da relação fórmula molecular/estrutura química/constituição/arranjo espacial que incide sobre os variantes da isomeria - isômeros constitucionais e estereoisômeros – e permite utilizar um modelo teórico químico-representacional para elaborar um modelo explicativo para as diferentes propriedades observadas. Consequentemente, essa invariante constitui um reflexo da relação entre a atividade intelectual, como expressão da inter-relação teoria-prática, sintetizando o processo a ser trilhado para identificar isômeros e para explicar as suas propriedades, dentro do limite de generalização estabelecido.

As ações expressam os conteúdos de isomeria de modo vinculado às operações a serem desenvolvidas no processo de formação da habilidade. Assim, em sua organização, os conteúdos são tratados tanto como conteúdos conceituais quanto como procedimentais. Isso permite a operacionalização dessa habilidade ao longo do processo formativo.

A estrutura da habilidade foi decomposta em suas ações constituintes, para que cada uma tenha uma identidade própria e indique as operações que o licenciando deve realizar para identificar isômeros e explicar as suas propriedades. Para tanto, foram associadas determinadas operações às ações específicas de cada componente. Desse modo, a estrutura funcional da habilidade contém os invariantes funcionais da execução, ou seja, as ações e operações a serem sistematizadas para a sua formação. Ela também representa uma sucessão temporal das ações que compõem as suas habilidades essenciais constituintes e das operações para formá-las. O seu nível de sistematização corresponde a uma ordem na sequência de execução das demais ações que conformam a ação mais geral.

Assume-se que o estabelecimento do processo de formação dessa habilidade tem seu início com a análise de uma situação inicial, proposta em uma determinada tarefa, e com a seleção das propriedades a serem avaliadas e as substâncias nas quais se pretendem incluir o conceito de isômeros. Considerando-se a invariância na relação entre representação estrutural e fórmulas moleculares, representam-se e/ou comparam-se as nomenclaturas, representações moleculares e/ou estruturais das substâncias em estudo, ou seja, os possíveis isômeros, para se avaliar a pertinência das características necessárias e suficientes do conceito. Desse modo, inicialmente é necessário a conscientização das características necessárias e suficientes do conceito, separando-as das características não-essenciais e sabendo utilizá-las na resolução de tarefas. Portanto, com base nesses critérios, saber identificar isômeros não se associa à mera

repetição de uma definição de forma memorística. Do mesmo modo, saber explicar as suas propriedades não se volta a repetir um pacote de explicações já prontas.

A explicação sobre as propriedades das substâncias isoméricas deverá ser realizada pelo estabelecimento de uma argumentação sobre as relações estrutura química-propriedades existentes entre os isômeros. A verbalização de um encadeamento lógico de argumentos deve ultrapassar a aparência dos fenômenos e penetrar na sua essência. Assim para se poder explicar determinada propriedade de um isômero, é necessário vinculá-la às características contidas na invariante.

O domínio da invariante funcional de execução da habilidade contribui para o desenvolvimento do pensamento teórico, por resultar no domínio dos procedimentos lógicos do pensamento. Considerando as afirmações de Davídov (1988), pelo seu caráter generalizador, esse domínio possibilitará sua aplicação em outros âmbitos da aprendizagem. Desse modo, a invariante da habilidade passa a ser o objeto de assimilação, enquanto um conteúdo procedimental que, ao mesmo tempo, representa: para o licenciando, uma estratégia para a apropriação consciente do conteúdo; para o professor, um recurso para guiar e controlar o processo.

A invariante funcional deve ser dominada pelo licenciando para se poder dizer que o mesmo aprendeu a habilidade de explicar as suas propriedades. Desse modo, a aprendizagem de uma ação precederá outra de menor grau de generalidade, segundo um processo formativo indicado pelos tipos (qualidades) e quantidades de tarefas que o licenciando deverá realizar para executar cada operação. Essa relação é indicativa de que a invariante funcional da habilidade se vincula às tarefas em que se realizam as operações, orientando os licenciandos na execução de cada uma delas. Agindo desse modo, enquanto sistema de conhecimentos e habilidades, o conteúdo isomeria sofrerá um enriquecimento, aumentando gradualmente o seu nível de profundidade e propiciando um incremento no nível de assimilação do futuro professor de química.

7.3 A ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO DE ASSIMILAÇÃO

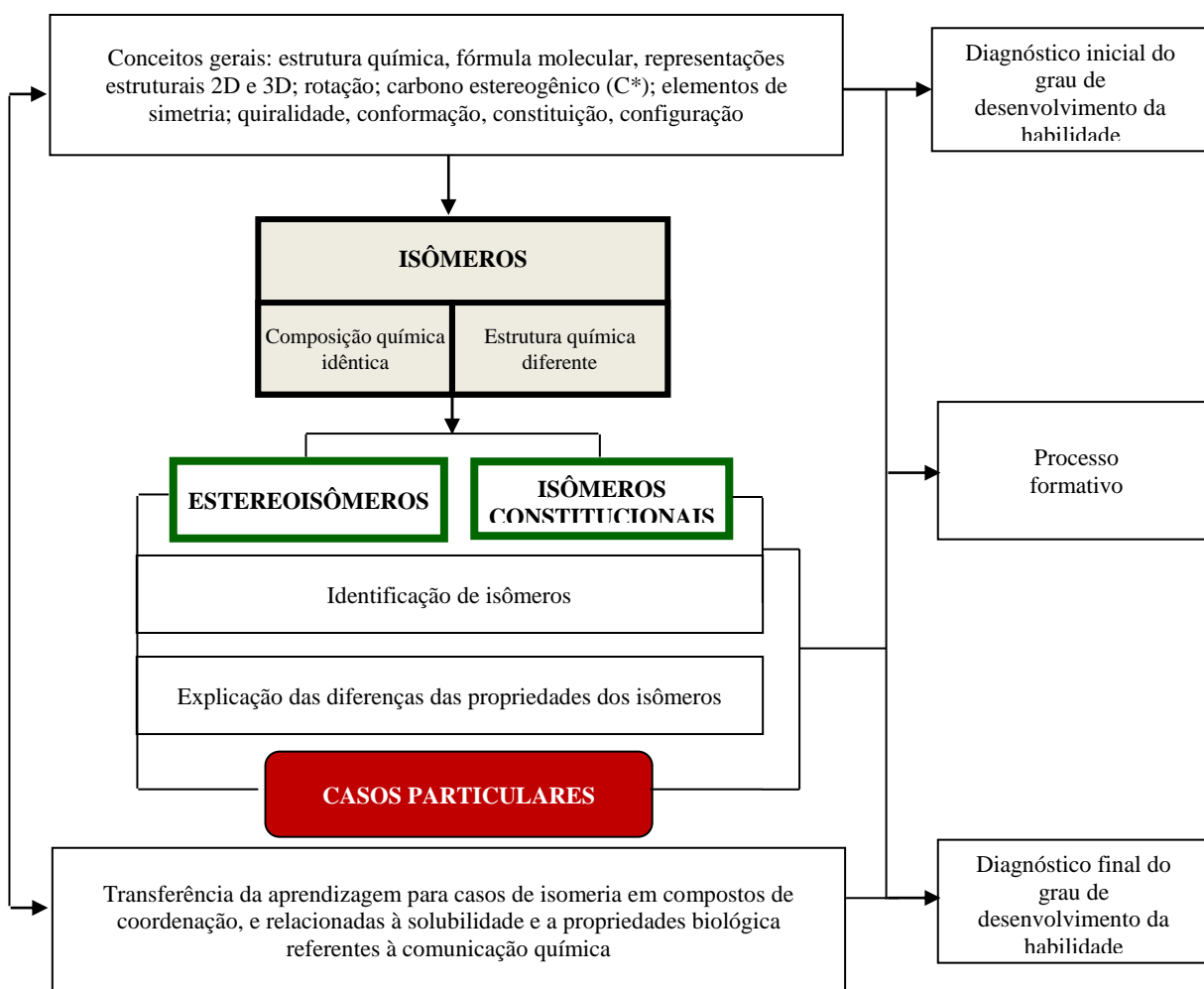
O processo de formação da habilidade de explicar propriedades das substâncias isoméricas está estruturado segundo os momentos funcionais da atividade: orientação, execução e controle (GALPERIN, 2001). Conforme apresentado anteriormente, a organização dos conhecimentos conceituais foi realizada de acordo com o enfoque sistêmico funcional-estrutural e com o invariante funcional da habilidade propostos para o Sistema Didático. Esse processo formativo visa operacionalizar a aplicação de um método ativo para a sistematização da habilidade na resolução de problemas de isomeria. Com isso, almeja-se também:

- otimizar o tempo didático dedicado ao ensino-aprendizagem do conteúdo isomeria e reduzir à exposição de conteúdos teóricos, incrementando o tempo dedicado à resolução de problemas;
- propor alternativas, cientificamente fundamentadas, aos atuais métodos de aulas, levando o estudante a tratar diferentes tipos de problemas, inclusive da vida real, utilizando modelos químicos que lhe permitam resolvê-los mediante um processo de abstração, resultante do desenvolvimento do pensamento teórico (químico);
- propor uma hipótese para uma dinâmica do processo de ensino-aprendizagem, que seja mais de aprendizagem do que de ensino, no qual o licenciando participe de modo mais ativo e consciente em seu processo de formação, traçando objetivos e discutindo os obstáculos existentes, conjuntamente com o professor.

O desenho da aprendizagem constitui o núcleo central da planificação do Sistema Didático. A seguir, será apresentada uma proposta pensada como hipótese de ensino a licenciandos em química para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros. É importante destacar que, por estar direcionada a licenciandos em química, ela é um processo de atualização-sistematização para generalização de uma habilidade formada no ensino médio e desenvolvida no ensino superior, a habilidade de explicar as propriedades das substâncias.

Considerando-se que todo o conhecimento se assimila na atividade, a organização da atividade de aprendizagem estará fundamentada nas etapas da teoria de assimilação de P. Ya. Galperin. A estruturação proposta para o processo está indicada no esquema 8.

Esquema 8 – Estruturação do processo de formação da habilidade geral segundo etapas da teoria de Galperin



Antes da efetivação do processo formativo, é preciso se estabelecer o nível de desenvolvimento dos licenciandos sobre o conteúdo isomeria. Esse controle inicial pode ser obtido pela aplicação de um teste diagnóstico. Portanto, esse momento se configura como ponto de partida para o trabalho pedagógico-didático a ser efetuado.

7.3.1 Diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade identificar isômeros e explicar as diferenças nas suas propriedades

Uma forma de planejar esse diagnóstico inicial é buscar a sua organização segundo um plano que apreenda e tome como referência os conhecimentos que os licenciandos possuem sobre diferentes aspectos relacionados ao ensino de isomeria. Uma proposição nessa direção é verificar se em seus posicionamentos os licenciandos demonstram:

- entendimento de que as aplicações das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades;
- compreensão da possibilidade de substâncias diferentes exibirem as mesmas ou diferentes propriedades químicas, físicas e/ou biológicas e de que há possibilidade de uma mesma propriedade poder ser apresentada por duas ou mais substâncias diferentes;
- caracterização de substâncias por algumas de suas propriedades físico-químicas;
- tradução da linguagem simbólica da química para a linguagem verbal-escrita, compreendendo o significado de nomes e fórmulas estruturais como modelos das suas representações em termos microscópicos;
- associação entre nomenclatura de substâncias com a organização de seus constituintes;
- definição do conceito de isômeros;
- explicação do fenômeno do isomerismo;
- identificação de isômeros e estabelecimento das suas variações quantitativas e qualitativas, segundo a invariante do isomerismo e das duas variantes: isômeros constitucionais e estereoisômeros.
- explicação das diferenças das propriedades das substâncias isoméricas segundo um padrão estrutural.

Utilizando-se esses critérios é possível se planejar diferentes situações que visem diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade em questão. No quadro 25, são dados alguns exemplos no sentido discutido.

Quadro 25 - Controle inicial da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros

DIAGNÓSTICO INICIAL
<p>SITUAÇÃO 1</p> <p>Uma questão de química de uma prova de um concurso vestibular gerou uma polêmica. Na questão, solicitava-se que o candidato explicasse as diferenças nas temperaturas de ebulição e de fusão existentes entre um éter e um álcool isoméricos. 90% das respostas foram consideradas erradas. Em linhas gerais, esses candidatos afirmaram que um éter e um álcool isoméricos possuem temperaturas de fusão e de ebulição muito diferentes porque pertencem a funções oxigenadas distintas. Segundo a banca examinadora, houve uma generalização equivocada, por isso as respostas apresentadas foram incorretas.</p> <p>Proponha uma explicação sobre as causas que podem ter levado os estudantes a proporem esse tipo de resposta.</p>

SITUAÇÃO 2

A análise sensorial de um pedaço de pano encontrado na cena de um crime levou suspeita da presença de material orgânico em decomposição. Imediatamente, imaginou-se a existência da putrescina, 1,4-diaminobutano, e da cadaverina, 1,5-diaminopentano, duas das principais substâncias responsáveis pelo cheiro de putrefação, fato que contribuiria para o uso desse pano como prova pericial. O uso de uma técnica analítica no próprio local permitiu comprovar que havia na amostra investigada a presença de duas substâncias oticamente inativas, de fórmula $C_3H_{14}N_2$ e $C_4H_{12}N_2$.

Com base nessas evidências, explique se é correto afirmar que a putrescina e a cadaverina eram as substâncias identificadas na análise do pedaço de tecido.

SITUAÇÃO 3

A partir de um trabalho publicado na revista Química Nova na Escola, um professor de química montou um polarímetro bem simples. Utilizando uma proveta e filtros polarizadores ele passou a realizar atividades experimentais em sala de aula para investigar a atividade ótica, o desvio do plano da luz plano-polarizada, de substâncias orgânicas.

Em um dos experimentos realizados com esse polarímetro, os estudantes verificaram a rotação ótica de três isômeros (**A**, **B** e **C**). Duas dessas substâncias (**A** e **B**) eram, ao mesmo tempo, estereoisômeros entre si e isômeros constitucionais com outro o composto (**C**).

Os três isômeros produziram diferentes respostas frente à propriedade avaliada. O isômero **A** desviou o plano da luz-polarizada para a direita, o isômero **C** a desviou para a esquerda e o isômero **B** foi inativo.

Explique o porquê das respostas apresentadas pelos três isômeros frente à propriedade analisada no experimento.

Fonte: o próprio autor

Esse tipo de controle permite estabelecer os níveis de conhecimentos dos licenciandos em relação à utilização das:

- i) características necessárias e suficientes do conceito de isômeros;
- ii) ações para identificar isômeros constitucionais e estereoisômeros - enantiômeros e diastereoisômeros oticamente ativos e inativos
- iii) ações usadas para explicar as diferenças entre os isômeros e para explicar as suas propriedades, em relação à atividade ótica e às temperaturas de fusão e de ebulição.

Situações desse tipo podem, por exemplo, avaliar se o licenciando faz a identificação a partir de características que são essenciais ao conceito ou se procura se basear no reconhecimento de características não essenciais e/ou em associações memorísticas a termos, mas distanciando-se do significado conceitual. Além disso, se ele tem domínio sobre a forma de explicar as propriedades das substâncias.

A situação 1 envolve exemplos usualmente utilizados na abordagem do conteúdo isomeria: o isomerismo entre o éter dimetílico e o etanol. Eles têm temperaturas de ebulição e de fusão bem distintas, por causa das diferenças entre as suas respectivas interações intermoleculares. Como acontece em outras situações, é comum que os estudantes e os

licenciandos em química generalizem esse tipo de relação entre causa e efeito em suas explicações. Ao procederem dessa forma, muitas vezes, excluem outras possíveis relações entre estruturas químicas e as propriedades dos álcoois e éteres isoméricos, causadas por variações constitucionais, como as decorrentes do aumento das suas cadeias lineares não-ramificadas.

Na situação 2 se utiliza um tema em tono da percepção olfativa. Ele permite avaliar se os licenciandos verificam a possibilidades de isomerismo em relação a isômeros constitucionais e de estereoisômeros com carbonos estereogênicos, onde ambos são oticamente inativos. Desse modo, ela também envolve o conhecimento sobre a outra propriedade a ser estudada, a atividade ótica. Adicionalmente, muitas vezes, os estudantes podem utilizar características não essenciais para identificar os isômeros. Por isso, também se aborda uma propriedade organoléptica, o odor. No entanto, as substâncias não podem ser identificadas exclusivamente por causa do cheiro. Na situação 3, retorna-se a questão da atividade ótica. Nesse caso, procura-se avaliar a compreensão dos licenciando sobre a essência do isomerismo em relação a particularidades da isomeria. Em geral, no ensino desse conteúdo se trabalha atividade ótica apenas na abordagem de enantiômeros. Porém, nessa situação há dois isômeros constitucionais que são oticamente ativos.

Essas situações abordam conjuntamente as propriedades de isômeros constitucionais e de estereoisômeros. Elas podem ser trabalhadas no sentido de avaliar os conhecimentos e habilidades dos licenciandos em explicarem essas propriedades e verificar se os futuros professores compreendem a essência do isomerismo. Esse momento se constitui em uma condição necessária para a planificação do processo formativo. Ele permite coletar dados sobre os caminhos a serem seguidos, inclusive para a diferenciação do processo, no sentido da atualização dessa habilidade que deveria ser desenvolvida no ensino médio. A avaliação das respostas das situações do diagnóstico inicial deve ser incluída dentro de uma análise para se pensar as estratégias para contemplar tanto o desenvolvimento individual quanto o grupal, ao longo processo de formação da habilidade almejada.

O conjunto das respostas obtidas deve ser confrontado com os indicadores qualitativos propostos, de modo a se diagnosticar o nível de entrada dos licenciandos no processo formativo. Logo, o grau de desenvolvimento da habilidade deve ser realizado tanto em relação aos conhecimentos acerca dos conceitos quanto das ações necessárias para a formação da habilidade geral. Com isso, podem-se reunir elementos suficientes para hierarquizar as dificuldades existentes e ajustar a proposta metodológica a ser desenvolvida. Caso seja verificada a falta de domínio ou de desatualização de outras habilidades, como a habilidade de

representar as substâncias por meio de fórmulas estruturais, deve ocorrer uma intervenção didática no sentido de atualizá-la.

Como o conhecimento se assimila na atividade, o conteúdo e as regularidades do processo de aprendizagem dependem fortemente dos tipos de atividade nas quais eles ocorrem (NÚÑEZ, 2013). Por isso, nesse sistema didático, tanto o seu desenho quanto o modelo da aprendizagem a ser efetivado constituem o núcleo central de todo o trabalho pedagógico. É nesse sentido que será apresentada uma sequência, planejada com base científica, como uma hipótese de ensino do conteúdo isomeria, organizando-o em torno da habilidade de explicar as propriedades das substâncias isoméricas.

A organização da aprendizagem no sistema didático é um resultado da instrumentalização da teoria de Galperin. No plano didático, ela se organiza segundo é descrito em continuidade.

7.3.2 O processo de aprendizagem, a formação da habilidade

A organização do ensino apresenta um sistema de tarefas como a unidade fundamental do Sistema Didático. Na formação da habilidade, uma tarefa de aprendizagem é considerada como o “(...) processo que se realiza em circunstâncias pedagógicas determinadas com o fim de alcançar um objetivo, ou seja, é a ação que se desenvolve segundo as condições e contém o motivo e a execução”. (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012). As tarefas no processo de formação da habilidade geral se materializam na forma de situações de ensino propostas aos licenciandos. Elas visam orientar, acompanhar e avaliar o saber fazer, integrando os conceitos e os modos de pensar associados aos mesmos, ou seja, os procedimentos, as maneiras de operar com o conhecimento isomeria.

O sistema de tarefas a ser utilizado na formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros está planejado de acordo com as etapas propostas por Galperin e com base nos indicadores qualitativos escolhidos. As situações de ensino veiculam elementos para enriquecer tanto o objeto quanto o método de solução. Por isso, elas devem ser diversificadas, para que se destaque o caráter da essência contida nos diferentes casos particulares dos isômeros, aproximando o licenciando do conhecimento mais profundo e geral do fenômeno estudado, cujas manifestações devem ser explicadas. Uma das possibilidades para se pensar um conjunto de tarefas para a formação da habilidade é apresentada no quadro 26.

Quadro 26 - Tarefas utilizadas para a formação da habilidade

Tipo		Características das tarefas		Objetivo	
Motivadora		Apresentação de situações para despertar o interesse e criar motivação nos licenciandos pelo estudo do conteúdo isomeria.		Criar a motivação para a apropriação dos novos conhecimentos e para a importância do conteúdo isomeria na formação do professor	
Construção de procedimentos de orientação e controle		Apresentação de situações que exemplificam a diversidade qualitativa e quantitativa dos isômeros constitucionais e dos estereoisômeros.		Construir a BOA tipo III, para a orientação necessária para a solução das tarefas envolvendo casos típicos dos isômeros	
Assimilação	Formação do grau de generalização	Conteúdo objetual	Resolução de situações que exibem, simultaneamente, diferentes casos típicos	Todos os objetos representados apresentam o sistema de características necessárias e suficientes, além de traços supérfluos ou secundários.	Realizar uma análise completa do sistema de condições nos casos típicos do limite de generalização, que exijam a orientação e os limites de aplicação da BOA tipo III elaborada, relacionando a lógica das ações para a lógica dos conceitos
			Nem todos ou nenhum dos objetos representados contêm todo o sistema de características necessárias e suficientes.		
		Lógica	Resolução de situações nas quais se apresentam todos ou alguns dos casos típicos	Situações de pertinência	
				Situações de não-pertinência (resposta negativa).	
	Situações indeterminadas.				
	Psicológica	Correlacionar diferentes formas de apresentação de um mesmo conteúdo			
	Formação do grau de consciência	Interpretativas	Resolução de situações cuja solução implique em argumentação, em voz alta, para justificar a composição e sequência operacional da estrutura da atividade de identificação de isômeros e de explicação das diferenças nas suas propriedades.	Realizar uma interiorização consciente das lógicas dos conceitos e dos procedimentos.	
Diretas e inversas		Resolução de situações que exigem a aplicação da orientação geral (ou de uma parte dela) de forma direta ou inversa.			
Formação do grau de independência		Resolução de situações que exigem diferentes e graduais níveis de ajuda (mapas da atividade) para a solução exitosa.		Transitar da ZDP à ZDR, em relação à habilidade em formação.	
De acordo com a formada ação		Resolução de situações para serem resolvidas com ênfase: sensorio-perceptual, com apoio material; verbal ou mental.		Operacionalizar a formação da habilidade no nível mental, por meio de transformações a partir de sua representação material.	

Fonte: o próprio autor

A primeira etapa do processo de formação da habilidade se volta a trabalhar com a motivação dos licenciandos para a aprendizagem. Nesse momento, procura-se estabelecer uma relação estreita entre o cognitivo e o afetivo, de modo a torná-los elementos constantes ao longo de todo o processo de formação da habilidade. Uma estratégia a ser utilizada nesse sentido é vincular as tarefas do processo formativo ao ensino por problemas.

Desde a etapa motivacional, o uso de situações problema pode ser uma via eficiente para a motivação da aprendizagem, conforme apontado em outras propostas para a formação de habilidades no ensino de química (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013; NÚÑEZ, 1999; NÚÑEZ; PACHECO, 1996a,b). As situações problema podem envolver múltiplas possibilidades de contextualização do conceito de isômeros em diferentes aspectos envolvendo a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente. Além disso, elas podem ser contextualizadas com aspectos da atividade de ensino a serem vivenciadas no exercício da profissão de professor de química, como a seleção de conhecimentos e a organização curricular. Desse modo, elas passam a ser tratadas como situações de ensino. O ponto-chave é contribuir para o interesse e a motivação dos licenciandos para a ação, despertando-lhes necessidades e significâncias formativas. A situação de ensino mostrada no quadro 27 exemplifica uma dessas possibilidades a ser trabalhada na etapa motivacional.

Quadro 27 - Situação de ensino 1 - Tarefa motivadora

TAREFA MOTIVADORA
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 1</p> <p>Um grupo de professores de química recebeu uma proposta da coordenação pedagógica da escola em que trabalham. Na verdade, um desafio! Eles deveriam planejar uma abordagem diferente para o ensino-aprendizagem do conteúdo isomeria. Uma proposta distinta das existentes nos livros escolares de química orgânica e das tradicionalmente praticadas na maioria das escolas de ensino médio.</p> <p>Nessa nova proposta, deve-se estruturar o conteúdo de tal modo que os diferentes tipos de isômeros sejam ensinados de forma integrada e se veiculem com a abordagem de algumas propriedades das substâncias isoméricas. Com isso, os tipos de isômeros devem ser abordados conjuntamente, em todos os momentos didáticos, nas seis aulas, destinadas ao assunto.</p> <p>A proposta deve selecionar e indicar um conjunto de conhecimentos, conceitos e habilidades, e de valores que deem significância aos estudantes. Ao mesmo tempo, o conteúdo escolhido deve reunir elementos que sejam representativos do conhecimento em isomeria historicamente construído pela comunidade química, de modo a gerar uma aprendizagem voltada à compreensão da essência do isomerismo.</p> <p>Imagine-se integrando essa equipe de professores de química e pense em uma proposta para atender ao desafio lançado pela escola. Em seguida, junto com um colega, investigue o plano didático seguido por um livro didático de química orgânica do ensino médio na abordagem da isomeria. Discuta com o colega sobre as experiências que vocês já vivenciaram com esse conteúdo e, depois, proponha um sistema didático para ser apresentado à coordenação da escola.</p>

Realizadas as estruturações do conteúdo isomeria dentro da nova proposta, cada dupla de licenciandos apresentará as suas propostas à turma. Algumas perguntas podem atuar como linha condutora da discussão em grupo.

1. Qual a lógica utilizada tradicionalmente na estruturação do conteúdo isomeria? Os livros didáticos seguem essa lógica?
2. Quais os tipos de isômeros selecionados na proposta a ser apresentada à coordenação da escola? Como eles foram agrupados?
3. Quais as propriedades escolhidas? Que critérios foram utilizados para realizar essa seleção?
4. Qual será o tratamento dado à formação de conceitos e de habilidades nessa proposta inovadora?
5. Como esses dois tipos de organização em torno da isomeria se fizeram presentes em suas aulas de química na escola e na universidade?
6. Essa atividade trouxe alguma motivação para o ensino-aprendizagem de isomeria? Por quê?

Fonte: o próprio autor

É interessante as situações da etapa motivacional estejam projetadas para que os licenciandos se apoiem suas em experiências anteriores, vivenciadas no ensino médio e na própria universidade, para refletirem sobre o problema objeto de estudo (a formação de habilidades no ensino de química) e sobre a própria formação do professor de química. Elas também devem proporcionar uma dificuldade cognoscitiva, que os licenciandos talvez não consigam superar. Para tanto, eles terão de propor algo diferente do seu conhecimento experiencial. Nesse caminho, espera-se que tal dificuldade também lhes desperte o interesse cognoscitivo, uma motivação interna em relação ao ensino desse conteúdo.

As atividades das situações propostas se voltam a fornecer recursos para que o processo de formação de habilidade se inclua como uma etapa da formação profissional do professor de química. Nesse aspecto, o desenho curricular é integrado dentro de uma estratégia que inclui o paralelismo entre a ontogênese e a filogênese do conhecimento do isomerismo, expresso na relação entre o conhecimento disciplinar, o conhecimento curricular e o conhecimento escolar. Desse modo, intencionalmente, também se busca orientar os licenciandos a entenderem o currículo escolar como objeto de intervenção e inovação, tendo como suporte a história e a epistemologia da química. Tais perspectivas podem ser trabalhadas de uma forma mais amplas, ou dentro de um contexto mais específico, conforme se propõe com a situação de ensino apresentada no quadro 28

Quadro 28 - Situação de ensino 1 - Tarefa motivadora

TAREFA MOTIVADORA															
SITUAÇÃO DE ENSINO 2															
<p>Os conceitos de isômeros e de isomerismo foram formulados por Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848), ao final da segunda década do século XIX, a partir de alguns fatos precedentes. No entanto, Berzelius não utilizou um modelo químico conceitual para explicar esse fenômeno. Na verdade, vários outros cientistas tiveram grandes contribuições para que as diferentes manifestações do isomerismo pudessem ser compreendidas e que sua essência fosse desvelada. Alguns desses cientistas estão listados a seguir.</p> <table border="0"> <tr> <td>Friedrich Alexander von Humboldt (1769-1859)</td> <td>Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)</td> </tr> <tr> <td>Justus von Liebig (1803-1873)</td> <td>Friedrich Wöhler (1800-1882)</td> </tr> <tr> <td>Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848)</td> <td>Alexander Mikhalovich Butlerov (1828-1886)</td> </tr> <tr> <td>Christian Huygens (1629 – 1695)</td> <td>Jean-Baptiste Biot (1774-1862)</td> </tr> <tr> <td>Louis Pasteur (1822-1895)</td> <td>Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911)</td> </tr> <tr> <td>Joseph-Achille Le Bel (1847-1930)</td> <td>Hermann Emil Fischer (1852 –1919)</td> </tr> <tr> <td>Derek Harold Richard Barton (1918–1998)</td> <td>Odd Hassel (1897–1981)</td> </tr> </table> <p>A partir dos nomes listados, faça com os colegas uma busca em sítios da internet (de referência) e reúna as contribuições desses cientistas para que a isomeria passasse a ser um conteúdo ensinado nas escolas. Indique a nacionalidade desses cientistas, os locais onde desenvolveram suas propostas e como eles explicavam as semelhanças e diferenças entre as estruturas dos isômeros e entre as suas temperaturas de ebulição, de fusão e na atividade ótica. Depois, proponha um esquema que contemple e permita agrupar os tipos de isômeros envolvidos nos trabalhos desenvolvidos por esses cientistas ao longo da história.</p>		Friedrich Alexander von Humboldt (1769-1859)	Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)	Justus von Liebig (1803-1873)	Friedrich Wöhler (1800-1882)	Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848)	Alexander Mikhalovich Butlerov (1828-1886)	Christian Huygens (1629 – 1695)	Jean-Baptiste Biot (1774-1862)	Louis Pasteur (1822-1895)	Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911)	Joseph-Achille Le Bel (1847-1930)	Hermann Emil Fischer (1852 –1919)	Derek Harold Richard Barton (1918–1998)	Odd Hassel (1897–1981)
Friedrich Alexander von Humboldt (1769-1859)	Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)														
Justus von Liebig (1803-1873)	Friedrich Wöhler (1800-1882)														
Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848)	Alexander Mikhalovich Butlerov (1828-1886)														
Christian Huygens (1629 – 1695)	Jean-Baptiste Biot (1774-1862)														
Louis Pasteur (1822-1895)	Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911)														
Joseph-Achille Le Bel (1847-1930)	Hermann Emil Fischer (1852 –1919)														
Derek Harold Richard Barton (1918–1998)	Odd Hassel (1897–1981)														
<p>Os licenciandos devem realizar uma atividade voltada ao desenvolvimento de uma trama histórico-epistemológica na evolução do isomerismo. Ela se volta à pesquisa, tendo como suporte a internet, para a estruturação do conteúdo isomeria. No entanto, vinculando-a as explicações sobre as propriedades dos isômeros formuladas ao longo da história.</p> <p>Após a pesquisa e preparação dos seus fluxogramas, cada grupo deve apresentar e discutir, junto com o professor, as propostas apresentadas. Para orientar as discussões, podem-se usar diferentes questionamentos, como os apresentados a seguir.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. É possível se personificar um descobridor para o isomerismo? 2. Por que conceito de isômeros proposto por Berzelius não explicava satisfatoriamente os tipos de isômeros identificados naquela época? 3. Qual a importância das propriedades das substâncias para a compreensão do isomerismo? 4. Como o isomerismo tem contribuído para a interação entre a química e as outras ciências? 5. Essa atividade trouxe alguma motivação para o ensino-aprendizagem de isomeria? Por quê? 															

Fonte: o próprio autor

Apesar de a motivação ser tomada como uma etapa inicial, dentro do ciclo cognoscitivo baseado na teoria galperiana, ela deve ser mantida ao longo todo o processo de assimilação. Levando-se em conta o campo de atuação profissional do futuro professor de química, de ensino e os conhecimentos da base curricular comum do ensino médio (discutidos no capítulo 6), é possível se pensar em algumas ações nesse sentido. Ações integrativas e relacionais que motivem os licenciandos a aprenderem na perspectiva de futuramente ensinarem. Nos quadros 29 e 30, encontram-se algumas proposições, que incentivem outras situações de ensino.

Quadro 29 - Ações propostas para abordagens integrativas e relacionais envolvendo o conteúdo isomeria, com base em alguns dos conhecimentos químicos, habilidades e valores constantes da base comum para o ensino de química

PROPRIEDADES DAS SUBSTÂNCIAS E DOS MATERIAIS, TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E MODELOS DE CONSTITUIÇÃO	
Características desses conhecimentos a serem desenvolvidas no ensino de química	Abordagens integrativas e relacionais do conteúdo isomeria
Caracterização de substâncias por algumas de suas propriedades físicas	Realização de experimentos para análises de temperaturas de fusão e de ebulição de isômeros e atividade ótica de isômeros
Diferenciação entre substâncias e materiais	Avaliação da composição química de produtos, contendo isômeros, que sejam utilizados em armadilhas para captura de animais s c
Reconhecimento de que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades	Análise das propriedades físicas, químicas e biológicas de isômeros de um determinado tipo de aditivo alimentar
Compreensão da transformação química como resultante de “quebra” e formação de ligações s	Síntese de isômeros utilizados como fármacos
Aplicação de idéias sobre arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação de cadeias, ligações e funções orgânicas.	Utilização de modelos concretos ou computacionais para representar as estruturais de isômeros
Reconhecimento da associação entre nomenclatura de substâncias com a organização de seus constituintes	Investigação dos critérios utilizados pela IUPAC para diferenciar isômeros citados em reportagens jornalísticas
Tradução da linguagem simbólica da química e compreensão microscópica	Modelagem de relações entre estruturas químicas de isômeros e suas propriedades

Fonte: o próprio autor

Quadro 30 - Ações propostas para abordagens integrativas e relacionais envolvendo o conteúdo isomeria, com base em alguns dos conhecimentos, habilidades e valores relativos à história, à filosofia da química e às suas relações com a sociedade e o ambiente

QUÍMICA COMO ATIVIDADE CIENTÍFICA, TECNOLOGIA QUÍMICA, QUÍMICA E SOCIEDADE E QUÍMICA, CIDADANIA E MEIO AMBIENTE	
Características desses conhecimentos a serem desenvolvidas no ensino de química	Propostas de abordagens integrativas e relacionais do conteúdo isomeria
Reconhecimento e compreensão da ciência e da tecnologia químicas como criação humana e inseridas, na história e na sociedade em diferentes épocas.	Análise das contribuições de diferentes cientistas para a compreensão do isomerismo e das propriedades exibidas pelas substâncias isoméricas
Compreensão do mundo, do qual a Química é parte integrante, por meio dos problemas que ela consegue resolver e dos fenômenos que podem ser descritos por seus conceitos e modelos.	Explicações sobre as possibilidades de isomerismo e sobre as diferentes propriedades exibidas por substâncias isoméricas
Reconhecimento do caráter provisório e incerto das teorias científicas, das limitações de um modelo explicativo e da necessidade de alterá-lo, avaliando as aplicações da ciência e levando em conta as opiniões controvertidas dos especialistas.	Investigações sobre as diferentes concepções tomadas ao longo da história da química para explicar o isomerismo e as propriedades dos isômeros
Compreensão do papel desempenhado pela Química no desenvolvimento tecnológico e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história.	Levantamento de informações sobre a importância do excesso enantiomérico para a produção de fármacos
Reconhecimento do papel do conhecimento químico no desenvolvimento tecnológico atual em diferentes áreas do setor produtivo, industrial e agrícola.	Investigações sobre a utilização de isômeros no controle biológico de pragas, na indústria alimentícia e na indústria de solventes, incluindo a petroquímica
Identificação da presença do conhecimento químico na cultura humana contemporânea	Busca por exemplos de aplicações de materiais e de produtos, baseadas das propriedades de isômeros, em diferentes âmbitos e setores de comunicação, como em reportagens jornalísticas, obras literárias e filmes
Reconhecimento das responsabilidades sociais decorrentes da aquisição de conhecimento na defesa da qualidade de vida e dos direitos do consumidor.	Comparação da composição química de produtos comerciais, como gasolina e fármacos, associada às características estruturais e propriedades dos isômeros
Reconhecimento de aspectos relevantes do conhecimento químico e suas tecnologias na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente.	Análises de riscos e benefícios do uso de isômeros como praguicida
Compreensão e avaliação da ciência e da tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito	Discussões sobre a comercialização de produtos contendo isômeros, cujas propriedades podem causar danos aos seres humanos e/ou a animais

Fonte: o próprio autor

Destacando a importância da isomeria em diferentes contextos e vinculando-os ao exercício da profissão de professor de química, as situações a serem utilizadas na etapa motivacional ganham importantes dimensões para criar nos licenciandos uma disposição

positiva, uma motivação interna, para o as demais etapas do processo formativo. Com isso, exemplificam-se aspectos envolvendo a significação social do que deve ser aprendido para ser ensinado futuramente em isomeria, para que esse interesse também se converta em uma significação da formação inicial. Além disso, ao exigirem a mobilização de conhecimentos que, talvez, os licenciandos ainda não disponham, essas situações trazem desafio cognoscitivo. Tal aspecto pode gerar uma dificuldade adicional e resultar em respostas negativas e/ou na falta de respostas às situações apresentadas. No entanto, como colocam Talízina (1987) e Núñez (2009), esses tipos de resultados negativos também podem contribuir para motivar os sujeitos para a atividade, gerando interesse pelo desconhecido e buscando recursos para superar as limitações.

A partir das situações de ensino da etapa motivacional, os licenciandos devem ser informados sobre as tarefas que virão em seguida, a serem iniciadas com a construção da base orientada da ação. Caso se deseje trabalhar aspectos mais específicos do conhecimento pedagógico do conteúdo, nesse momento, os licenciandos podem ser apresentados aos elementos-chave da teoria de Galperin.

Orientada ao plano inter-psicológico, essa etapa envolve atividades nas quais, sob orientação do professor, os licenciandos constroem uma metodologia geral - a invariante da habilidade ou base orientadora - para resolver casos particulares. Sob a base dos conceitos fundamentais, os licenciandos devem estruturar esquemas de orientação geral para realizarem as suas explicações sobre as propriedades dos isômeros, dentro dos limites de generalização estabelecidos (vide os indicadores qualitativos). O processo de formativo é desenvolvido a partir de tarefas que apresentem a diversidade de isômeros e as semelhanças e diferenças de algumas das suas propriedades.

Considerando-se os objetivos propostos e os indicadores de qualidade definidos, uma BOA tipo III é uma opção adequada à formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, conforme já utilizado por Nuñez e Pacheco (1996a,b,c) para a formação de habilidade explicar as propriedades das substâncias. A BOA se relaciona a um tipo de atividade produtiva, além de ser: completa, geral e independente.

A BOA de ser formada de tal modo que proporcione ao licenciando o método para análise do isomerismo, reconhecendo qualquer manifestação desse fenômeno nos diferentes casos de isômeros estabelecidos. Conhecendo as duas variantes do conteúdo isomeria e utilizando o método de análise de forma consciente das propriedades selecionadas, o licenciando se apropriará da base orientadora completa da ação, de maneira independente. Com isso, terá maiores possibilidades de adquirir o domínio sobre a identificação dos tipos de

isômeros e saberá explicar as suas propriedades, assim como transferir esse conhecimento a outras situações, envolvendo tipos de isômeros não estudados.

Os licenciandos devem desenvolver tarefas nas quais sejam orientados a identificarem e explicarem que as diferenças essenciais entre os isômeros são decorrentes das diferenças das suas estruturas químicas. Eles precisam incluir no conceito de isômeros o conjunto de características necessárias e suficientes, relacionando-as à constituição e à estereoquímica das suas moléculas. Nesse sentido, também serem orientados a destacarem que as propriedades se relacionam às conformações e configurações que as moléculas adquirem. Tais características interferem nas relações intermoleculares e intramoleculares das quais dependem as propriedades das substâncias químicas, como é caso dos isômeros. Nesse momento, os licenciandos devem ser estimulados a efetuarem suposições ou hipóteses para solucionar as tarefas do mesmo tipo.

Os licenciandos devem ser incentivados a buscar os aspectos comuns nos isômeros apresentados, os casos típicos: isômeros constitucionais, isômeros conformacionais, enantiômeros, diastereoisômeros com C* e isômeros *Z-E* e *cis-trans*. A partir desse tipo de ação, passa-se a orientá-los à construção de um procedimento geral e revelar os conceitos que os unificam e são necessários para compreensão e explicação das suas características químico-estruturais e das propriedades que possuem.

Os licenciandos constroem os seus próprios modelos de atividade e vão discutindo com os colegas e com o professor, até se chegar a uma proposição coletiva de base orientadora da ação, que reflita todas as partes estruturais e funcionais da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros. Com isso, paulatinamente, eles vão processando as informações que dispõem e as novas informações adquiridas, de modo organizá-las e utilizá-las em função da solução dos problemas colocados. Desse modo, como destaca Núñez (2009), a etapa de formação da base orientadora da ação consegue se estabelecer como um processo de ressignificação de sentidos.

É adequado que a tarefa a ser inicialmente apresentada no estabelecimento do esquema da BOA retome a alguma situação de ensino da etapa motivacional, conforme discute Talízina (1987). Por isso, é importante restabelecer algumas das propostas da etapa motivacional. No entanto, indo-se mais além, apresentando-se os casos típicos, e agrupando-os nas variantes da isomeria: isomeria constitucional e estereoisômeros. Desse modo, retomar as situações trabalhadas inicialmente se constitui em um ponto importante para o desenvolvimento do Sistema Didático. Tal estratégia se relaciona com a visão galperiana sobre essa etapa do ciclo cognoscitivo. “A etapa orientadora consiste em que o sujeito realiza um exame da nova

situação e modifica a ação, traça um novo caminho e, mais adiante, ao longo do processo de realização, exerce um controle de acordo com as modificações previamente estabelecidas” (GALPERIN, 1982 p.29).

A retomada dos aspectos avaliados no diagnóstico inicial também deve ser efetuada nessa etapa de formação da base orientadora da ação. Confrontando os seus posicionamentos iniciais, junto com o professor, os licenciandos podem avaliar o desenvolvimento das suas habilidades de identificar e explicar. Caso seja necessário atualizar os procedimentos de identificar e explicar, o professor pode desenvolver ações mais específicas nesse sentido. A partir das discussões e análises em torno do diagnóstico inicial, organiza-se a atividade.

A BOA deve se constituir em uma orientação sobre como explicar as propriedades dos isômeros. Como se explica uma propriedade de um objeto, a base orientadora também deve contemplar uma orientação de como identificar isômeros. A intenção é desenvolver um plano da futura habilidade para que, mesmo sem ainda ter o domínio da habilidade, o licenciando possa executar a ação. Por isso, deve-se construir o modelo da atividade, que expressa a representação antecipada da tarefa e o sistema de orientações necessárias para o cumprimento da habilidade, refletindo todas as partes estruturais e funcionais da atividade (orientação, execução e controle).

O professor de iniciar esse processo pela introdução do objeto, apresentando-o na sua forma mais complexa, a partir do conjunto de seus casos particulares, dentro do limite de generalização. Os licenciandos devem analisar o sistema de características suficientes e necessárias que caracterizam os isômeros e as propriedades associadas aos mesmos, também dentro do limite de generalização. De forma integrada, analisam-se as formas de se explicar essas propriedades. Essas análises devem ser realizadas por meio de tarefas de uma mesma classe, nas quais se manifestam a diversidade dos isômeros e as diferenças e semelhanças das propriedades selecionadas. Com isso, os licenciandos devem ser orientados a, independentemente, construir as invariantes conceituais e procedimentais da habilidade a ser apropriada.

As tarefas devem contemplar aspectos estimuladores ao plano interpsicológico. Nesse sentido, deve-se procurar que, conjuntamente e sob a orientação do professor, os licenciandos transitem por caminhos criativos para estabelecer uma metodologia para a resolução das tarefas a serem trabalhadas nas demais etapas.

Diferentes meios de ensino podem ser utilizados no processo de construção da BOA, tais como: quadros, retro-projeções, vídeos, modelos moleculares concretos e computadores.. Porém, em qualquer um deles, sempre se devem representar as relações essenciais do objeto

de estudo. Algumas possibilidades de atividade de ensino para a etapa da BOA são indicadas nos quadros apresentados em continuidade (31 e 32).

Quadro 31 - Situação de ensino 3 – Tarefa para o estabelecimento da BOA

TAREFA PARA O ESTABELECIMENTO DA BASE ORIENTADORA DA AÇÃO
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 3</p> <p>Os professores de química da escola que solicitou uma abordagem inovadora para o ensino-aprendizagem de isomeria decidiram estruturar esse conteúdo em dois grandes blocos. Ambos envolverão aspectos da constituição dos isômeros e um deles terá uma ênfase estereoquímica, em aspectos conformacionais e configuracionais. Essas duas classes terão abordagens integradas às semelhanças e diferenças das temperaturas de fusão e de ebulição e da atividade ótica apresentadas por essas substâncias. Porém, ao começarem o detalhamento da proposta, os professores chegaram a um impasse. Como escolher um grupo de substâncias para ser utilizado em uma abordagem introdutória, de modo a contribuir para uma visão integral e sistêmica dos diferentes tipos de isômeros? A partir desse momento, resolveram pesquisar mais sobre o assunto.</p> <p>Eles verificaram que, apesar de Berzelius ter formulado o conceito de isômeros, foi Butlerov quem primeiro sintetizou substâncias isoméricas, explicou e previu casos de isomeria utilizando um modelo químico-estrutural. Um dos fatos em torno da contribuição desse cientista chamou a atenção do grupo: Butlerov sintetizou o primeiro álcool terciário, mostrando a possibilidade de isomerismo em séries de álcoois de fórmula $C_4H_{10}O$. Considerando os diferentes aspectos a serem explorados a partir de substâncias com essa fórmula molecular, os professores resolveram iniciar a abordagem da isomeria pela apresentação das diversidades de estruturas químicas, de propriedades e de aplicações de isômeros $C_4H_{10}O$. Nesse momento, um novo impasse: que substâncias devem ser utilizadas para se promover essa abordagem introdutória?</p> <p>Auxilie os professores a planejarem a proposta. Utilizando sítios da internet e o <i>software</i> ChemSketc[®], indique algumas substâncias para serem usadas como exemplos na introdução conteúdo isomeria a partir da diversidade existente em $C_4H_{10}O$. Também indique como podem ser explicadas as relações entre esses isômeros e as suas temperaturas de fusão e de ebulição, e as atividades óticas apresentadas.</p>

Fonte: o próprio autor

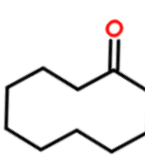
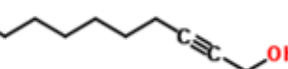
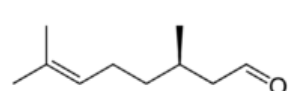
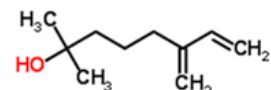
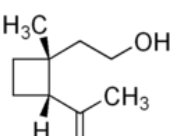
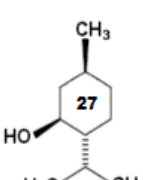
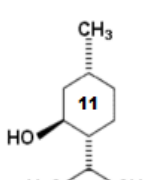
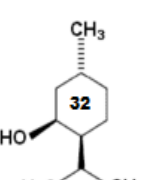
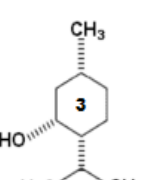
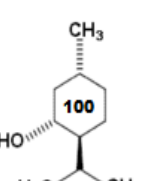
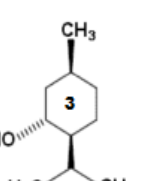
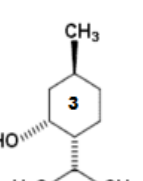
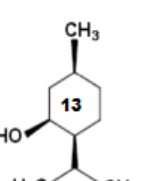
Essa tarefa permite que os licenciandos verifiquem a diversidade da tipologia de isômeros com moléculas mais simples, assim como as suas propriedades. Apesar de não existir uma diversidade quantitativa dentro dos casos particulares, a fórmula $C_4H_{10}O$ possibilita a verificação da diversidade qualitativa do isomerismo, em termos das suas variantes. Utilizando um conjunto de dez substâncias, os licenciandos podem verificar a presença de diferentes isômeros, constitucionais e estereoisômeros, que apresentam essa composição química. No caso dos estereoisômeros, também os conformacionais e os enantiômeros. O uso do *software* ChemSketc traz uma contribuição nesse sentido.

O ChemSketc é um *software* disponibilizado na internet. Ele tem se demonstrado como uma ferramenta útil para a preparação de diferentes objetos para o ensino de química, especialmente de química orgânica. Entre as diferentes potencialidades apresentadas pelo aplicativo, estão: o desenho de fórmulas estruturais e modelos moleculares; análises conformacionais, nas quais se indicam os ângulos entre as ligações; a nomenclatura das

substâncias de acordo com as normas da IUPAC; e a comparação das propriedades físicas de diferentes substâncias. Por isso, ele pode se adequar à proposta apresentada.

Essa é uma oportunidade para explorar aspectos conformacionais, constitucionais e configuracionais de forma conjunta e integrada. O professor deve estimular os licenciandos a procurem elementos comuns a serem utilizados nas explicações sobre as diferentes características dos isômeros e como elas se relacionam com as propriedades analisadas. Outra possibilidade de tarefa a ser realizada para o estabelecimento da BOA é apresentada no quadro 32.

Quadro 32 - Situação de ensino 4 – Tarefa para o estabelecimento da BOA

TAREFA PARA O ESTABELECIMENTO DA BASE ORIENTADORA DA AÇÃO																																																													
SITUAÇÃO DE ENSINO 4																																																													
<p>Um sítio da internet trazia uma matéria sobre as percepções sensoriais dos humanos. O texto ressaltava a importância das substâncias químicas nos odores e sensações gustativas que sentimos. Ao longo da narrativa, o autor da matéria explicou que a estereoquímica das moléculas de substâncias químicas conhecidas como “isômeros” era a responsável tanto por essas impressões sensoriais como pelas diferentes propriedades físicas das substâncias.</p> <p>A partir dos isômeros apresentados e das suas respectivas propriedades, avalie a explicação veiculada na matéria. Procure características comuns entre os tipos de isômeros exemplificados, indicando os conceitos que os unificam. Em seguida, proponha um procedimento para explicar se há relação entre as propriedades organolépticas e as propriedades físicas das substâncias isoméricas.</p>																																																													
<p style="text-align: center;">Diferenças nas propriedades físico-químicas e organolépticas de alguns isômeros constitucionais</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Substância</th> <th style="width: 15%;">t.f. (°C)</th> <th style="width: 15%;">t.e. (°C)</th> <th style="width: 50%;">Atividade ótica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">106-107</td> <td style="text-align: center;">Inativo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">170</td> <td style="text-align: center;">Inativo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">-63</td> <td style="text-align: center;">201-207</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;"><25</td> <td style="text-align: center;">50-60</td> <td style="text-align: center;">+</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td></td> <td style="text-align: center;">224.5</td> <td style="text-align: center;">Inativo</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 Ciclohexanona Leve odor de pimenta e acetona</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2 2-Decin-1-ol</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>3 S-(-)-Citronelal (</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>5 Mircenol 2-metil-6-metieno-7-octen-2-ol Odor de lavanda</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>4 (+)-Grandisol</p> </div> </div>	Substância	t.f. (°C)	t.e. (°C)	Atividade ótica	1	24	106-107	Inativo	2		170	Inativo	3	-63	201-207	-	4	<25	50-60	+	5		224.5	Inativo	<p style="text-align: center;">Diferenças nas propriedades físico-químicas e organolépticas (refrescância) de alguns estereoisômeros</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>27 (+)-Mentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>11 (+)-Isomentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>32 (+)-Neomentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3 (+)-Neoisomentol</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>100 (-)-Mentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3 (-)-Isomentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3 (-)-Neomentol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>13 (-)-Neoisomentol</p> </div> </div> <p>Estereoisômeros: Enantiômeros - 1 e 2; 3 e 4; 5 e 6; 7 e 8. Diastereoisômeros com carbonos estereogênicos (C*)</p> <p>1 com 3, 4, 5, 6, 7 e 8; 2 com 3, 4, 5, 6, 7 e 8; 3 com 1, 2, 5, 6, 7 e 8; 4 com 1, 2, 5, 6, 7 e 8; 5 com 1, 2, 3, 4, 7 e 8; 6 com 1, 2, 3, 4, 7 e 8; 7 com 1, 2, 3, 4, 5 e 6; 8 com 1, 2, 3, 4, 5 e 6.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Estereoisômeros</th> <th style="width: 15%;">t.f. (°C)</th> <th style="width: 15%;">t.e. (°C)</th> <th style="width: 50%;">Rotação específica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(+)-mentol</td> <td style="text-align: center;">43-45</td> <td style="text-align: center;">212</td> <td style="text-align: center;">+ 50,1°</td> </tr> <tr> <td>(-)-mentol</td> <td style="text-align: center;">43-45</td> <td style="text-align: center;">212</td> <td style="text-align: center;">-50,1°</td> </tr> <tr> <td>(+)-isomentol</td> <td style="text-align: center;">79-80</td> <td style="text-align: center;">215</td> <td style="text-align: center;">+25,19°</td> </tr> <tr> <td>(-)-isomentol</td> <td style="text-align: center;">79-80</td> <td style="text-align: center;">215</td> <td style="text-align: center;">-25,19°</td> </tr> <tr> <td>(+)-neomentol</td> <td style="text-align: center;">-22</td> <td style="text-align: center;">95</td> <td style="text-align: center;">+20,8°</td> </tr> <tr> <td>(-)-neomentol</td> <td style="text-align: center;">-22</td> <td style="text-align: center;">95</td> <td style="text-align: center;">-20,8°</td> </tr> <tr> <td>(+)-neoisomentol</td> <td style="text-align: center;">52-53</td> <td style="text-align: center;">215</td> <td style="text-align: center;">+2,0°</td> </tr> <tr> <td>(-)-neoisomentol</td> <td style="text-align: center;">52-53</td> <td style="text-align: center;">215</td> <td style="text-align: center;">-2,0°</td> </tr> </tbody> </table>	Estereoisômeros	t.f. (°C)	t.e. (°C)	Rotação específica	(+)-mentol	43-45	212	+ 50,1°	(-)-mentol	43-45	212	-50,1°	(+)-isomentol	79-80	215	+25,19°	(-)-isomentol	79-80	215	-25,19°	(+)-neomentol	-22	95	+20,8°	(-)-neomentol	-22	95	-20,8°	(+)-neoisomentol	52-53	215	+2,0°	(-)-neoisomentol	52-53	215	-2,0°
Substância	t.f. (°C)	t.e. (°C)	Atividade ótica																																																										
1	24	106-107	Inativo																																																										
2		170	Inativo																																																										
3	-63	201-207	-																																																										
4	<25	50-60	+																																																										
5		224.5	Inativo																																																										
Estereoisômeros	t.f. (°C)	t.e. (°C)	Rotação específica																																																										
(+)-mentol	43-45	212	+ 50,1°																																																										
(-)-mentol	43-45	212	-50,1°																																																										
(+)-isomentol	79-80	215	+25,19°																																																										
(-)-isomentol	79-80	215	-25,19°																																																										
(+)-neomentol	-22	95	+20,8°																																																										
(-)-neomentol	-22	95	-20,8°																																																										
(+)-neoisomentol	52-53	215	+2,0°																																																										
(-)-neoisomentol	52-53	215	-2,0°																																																										

Fonte: o próprio autor

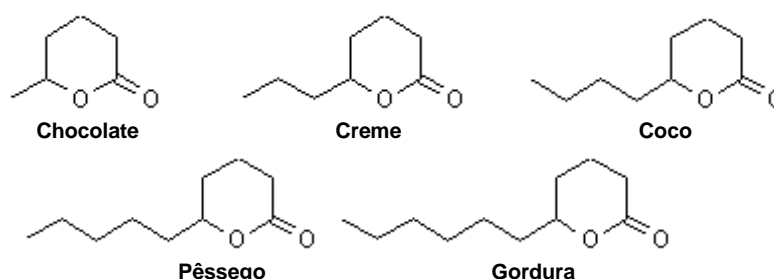
Ao direcionar à abordagem ao limite de generalização estabelecido, em tarefas desse tipo o professor deve destacar que uma substância opticamente ativa pode ser isomérica de outra, que não é opticamente ativa. Nesse caso, elas podem ser tanto isômeros constitucionais (como se verifica entre o citronelal e grandisol) quanto estereoisômeros (como acontece no

mentol, mentol). Desse modo, procura-se diferenciar o fenômeno do isomerismo com a organização didática, a isomeria. Além disso, também deve se enfatizar que as propriedades das substâncias se relacionam às manifestações do isomerismo. As propriedades físicas dependem da relação entre a constituição e a estereoquímica. Já as propriedades biológicas se associam a esses fatores, porém, para explicá-las não há um conjunto de características necessárias e suficientes que permitam distingui-las.

As situações propostas exemplificam possibilidades de abordagens para a formação da base orientadora da ação, veiculando aspectos abordados no diagnóstico inicial e na etapa motivacional. Por exemplo, as propriedades de substâncias pertencentes a classes funcionais distintas e que sejam quirais e aquirais (situações 1 e 3 do diagnóstico inicial), as propriedades organolépticas apresentadas pelas substâncias (situação 2 do diagnóstico inicial) e aspectos histórico-epistemológicos (situação 2 da etapa motivadora).

Esse momento também deve ser utilizado para se explicitar do limite de generalização estipulado para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros. Com isso, devem ser apresentados alguns casos que indiquem outras manifestações do isomerismo, como as substâncias sem carbono estereogênico que são opticamente ativas. Além disso, é importante destacar as propriedades biológicas apresentadas pelas substâncias isoméricas. Tais propriedades substâncias não se restringem à relação entre isômeros. Inclusive, isso é válido àquelas relacionadas com as características sensoriais. O grupo de lactonas de indicadas na figura 30 abaixo ilustra esse destaque. Elas não são isoméricas e, além disso, apresentam ações flavorizantes semelhantes a outras substâncias. Por exemplo, alguns ácidos graxos também são reconhecidos como flavorizantes que proporcionam cheiro de coco e de gordura.

Figura 30 - Características flavorizantes de algumas lactonas



Fonte: o próprio autor.

Outras alternativas podem ser planejadas pelo professor para que se negociem os sentidos dos conteúdos que envolvam o desenvolvimento de uma metodologia para explicar

as diferenças as suas propriedades, dentro do limite de generalização adotado. Uma alternativa para tarefa de formação da BOA seria uma pesquisa de campo, em universidades ou institutos federais. Poderia se realizar consultas junto aos técnicos de laboratórios e aos químicos analíticos para se verificar como esses profissionais identificam isômeros e explicam as diferenças das propriedades em questão. Uma pesquisa no portal de vídeos YouTube® seria mais uma dessas possibilidades. A partir de consultas no YouTube, os licenciandos poderiam ser instruídos a examinarem diferentes vídeo-aulas disponibilizadas na internet. Na análise das abordagens dos professores de química lançadas na rede, eles poderiam ser orientados a buscar elementos utilizados pelos professores para identificar casos particulares de isômeros e para explicar as suas propriedades. Finalizando exemplos para possíveis estratégias da etapa do desenvolvimento da BOA, o professor poderia dividir a turma em dois grupos e projetar para cada um deles (com o uso de dois equipamentos de projeção) diferentes exemplos de isômeros constitucionais e de estereoisômeros, mostrando as suas representações estruturais e valores relativos às propriedades trabalhadas.

As situações propostas podem envolver diferentes temas, de modo a se verificar a potencialidade de abordagens integrativas e relacionais do conteúdo isomeria. No entanto, mesmo com essas interlocuções, com outros casos típicos e outras propriedades, o foco dessa etapa de formação da base orientadora também deve ser a compreensão dos limites de generalização propostos.

Esse momento também deve ser utilizado para que o professor discuta junto com os licenciandos, questões sobre o ensino de isomeria, de modo a auxiliá-los na compreensão da metodologia geral a ser desenvolvida. Na situação 1, por exemplo, os licenciandos podem utilizar uma simulação computacional para verificar a rotação da ligação sigma C-C. Esse é um aspecto importante a ser considerado no ensino escolar, apesar de ser pouco abordado (os livros de química orgânica são um indicativo dessa carência). Trabalhando-se as conformações das substâncias isoméricas, contribui-se para uma melhor compreensão sobre as formas adquiridas pelas moléculas (conformações de mais baixas energias) e o porquê da existência de isômeros *Z-E*.

Outro aspecto a ser enfatizado na formação da BOA reside nas particularidades didáticas atribuídas aos isômeros constitucionais. Nesse momento, é interessante que o professor discuta o didatismo em torno dos isômeros constitucionais. Uma possibilidade é confrontar essas criações didáticas com o tratamento que foi atribuído na ontogênese do conceito. Ainda quanto a essa variante do isomerismo, é interessante também se destacar o

tautomerismo. Essa manifestação da essência do fenômeno exemplifica o movimento dialético da natureza, materializado nas substâncias química.

O procedimento de construção conjunta da BOA deve resultar em uma proposta contendo todas as condições do processo, tipo e ordem das operações, para solucionar as tarefas corretamente. Delimitar esses passos não deve se associar o processo formativo a um algoritmo, mas compreendê-lo como uma orientação ou metodologia geral:

A BOA para formação da habilidade de explicar as diferenças dos isômeros deve se materializar nos cartões de estudo. Os cartões devem ser elaborados em conjunto com os licenciandos, para reduzir o processo da atividade externa para a interna. Nesse momento de produção conjunta, é preciso manter o foco as representações das relações essenciais dos isômeros e da explicação das suas propriedades. Como recomendam Talízina (1985) e Núñez (2009), na elaboração dos cartões de estudo, o professor tem o papel de enfatizar a orientação dos licenciandos para que sejam considerados: i) a apresentação do conteúdo em uma forma sintetizada; ii) a representação dos conhecimentos lógicos necessários para realização da ação, em sua totalidade.

Os cartões de estudo devem incluir as características do objeto de assimilação e os procedimentos a serem realizados, além de informações sobre o sistema de indicadores para a valorização da ação exercitada. Desse modo, eles devem ser construídos de tal modo que contenham a essência dos conceitos e do sistema de ações, nas quais os licenciandos devem se apoiar para resolver as tarefas de quaisquer dos casos de problemas envolvendo os isômeros constitucionais, os enantiômeros e os diastereoisômeros. Além disso, podem ser projetados para ter diferentes níveis de ajuda, de acordo com detalhamento das ações e das características conceituais fornecidas. Um exemplo de um cartão de estudo é apresentado no quadro 33.

Quadro 33 - Modelo da atividade de explicar as propriedades dos isômeros

MODELO DA ATIVIDADE DE EXPLICAR AS PROPRIEDADES DOS ISÔMEROS		
Conteúdo conceitual	Conteúdo procedimental	Nível do conceito/habilidade formada
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Isômeros constitucionais</u> Não possuem a mesma sequência de ligações ▪ <u>Enantiômeros com carbono(s) estereogênico(s)</u> Possuem a mesma sequência de ligações e são imagens especulares não superponíveis um do outro. ▪ <u>Diastereoisômeros</u> Possuem a mesma sequência de ligações, mas não são imagens especulares não superponíveis um do outro. ▪ <u>Isômeros Z-E e isômeros cis-trans</u> Possuem diferentes arranjos em torno ligação dupla e/ou anel não-aromático, por causa do impedimento de uma livre rotação em torno de uma ligação C-C ▪ <u>Isômeros conformacionais</u> Diferem pela livre rotação em torno de uma ligação C-C. ▪ <u>Propriedades</u> Enantiômeros - Quando puros, possuem as mesmas temperaturas de fusão e de ebulição e desviam o plano da luz polarizada para sentidos opostos Demais isômeros - Em geral possuem temperaturas de fusão e de ebulição diferentes e atividade ótica depende da presença de um elemento de assimetria em suas estruturas químicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabalhar os conceitos de composição, constituição, conformação, configuração, elementos de simetria e quiralidade, forças intermoleculares e representação bi e tridimensional. ▪ Investigar as diferentes manifestações do isomerismo por meio de suas variantes (isômeros constitucionais e estereoisômeros), como manifestações de uma essência comum, ou seja, avaliando a constituição, a conformação e a configuração das moléculas dos isômeros, tomando como conceito chave a estrutura química e as formas de se identificar cada processo ▪ Verificar se nas substâncias investigadas está presente todo o sistema de características necessárias e suficientes do conceito de isômeros: 1º) composição química idêntica; e 2º) estrutura química diferente. ▪ Identificar casos particulares pertencentes às duas variantes do isomerismo, por meio da utilização da invariante estrutural-funcional. ▪ Relacionar as propriedades das substâncias isoméricas identificadas com as características qualitativas das suas respectivas estruturas químicas, que influenciaram nas suas interações intra e intermoleculares. ▪ Produzir argumentos, de forma ordenada, para estabelecer relação causa-efeito, relacionando as propriedades em análise com as causas que as explicam, as relações intra e intermoleculares estabelecidas diferenças constituição e/ou na estereoquímica dos isômeros. ▪ Relacionar os argumentos, dentro de uma lógica coerente. ▪ Verbalizar os argumentos atribuindo significado às propriedades analisadas por meio das relações com o(s) conceito(s) de(is) isômeros, dando-lhe um sentido para oferecer uma resposta à situação proposta inicialmente. 	<p>Muito desenvolvido</p> <p>Desenvolvido</p> <p>Inicial</p> <p>Não desenvolvido</p>

Fonte: o próprio autor

O professor deve centrar a sua atenção no acompanhamento das ações executadas pelos licenciandos, para estimulá-los à compreensão dos conhecimentos da base orientadora da ação. Essa etapa é fundamental para o processo de aprendizagem, pois exige que a preparação para a formação-executora da habilidade ocorra de forma compreensiva (NÚÑEZ, 2009). Por isso, somente após os licenciandos se apropriarem de uma orientação do “como fazer”, segue-se para a etapa de formação da ação no plano material ou materializado. A partir da etapa material/materializada se inicia a internalização do conteúdo e as tarefas passam a servir de recursos para assimilar a habilidade. Em continuidade, serão descritos aspectos mais gerais a serem realizadas nessas quatro etapas do ciclo cognoscitivo, para que, seja apresentada uma proposta de um sistema de tarefas para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros.

A etapa material/materializada deve se efetivar como uma etapa de raciocínio teórico, na qual o licenciado realize a atividade no plano prático, concreto, ou seja, de forma externa. Por isso, ela precisa envolver objetos reais ou as suas representações. Algumas possibilidades nesse sentido são: modelos moleculares físicos; demonstrações e/ou atividades experimentais no laboratório, sala de aula ou em visitas a outros locais; simulações computacionais com propostas de experimentos e/ou com modelagem.

As tarefas da formação da ação na etapa material/materializada devem refletir os casos típicos do isomerismo, refletidos nos objetos de assimilação, proporcionando ações detalhadas e no plano interpessoal. Além disso, elas precisam envolver as duas variantes da isomeria: isômeros constitucionais e estereoisômeros. Ao resolverem as situações propostas, os licenciandos precisam elencar as características necessárias e suficientes dos conceitos, e destacar as operações que devem ser realizadas com os objetos propostos, apresentando a sequência de sua execução. Conjuntamente, devem indicar as ações de explicação sobre as propriedades das substâncias.

Ao longo da formação da habilidade na etapa material/materializada, devem ser apresentadas situações de ensino que contribuam paulatinamente para o aumento do grau de consciência e generalização das ações, conceitual e procedimental. No entanto, sem que haja uma automação ação. Por isso, é importante utilizar tarefas diversificadas, que exijam a aplicação dos conhecimentos e a orientação na solução dos casos típicos do isomerismo. Também devem ser incluídas algumas tarefas contemplando conhecimentos situados fora do limite de generalização, apesar de elas não poderem ser resolvidas. A diversificação das situações de ensino apresentadas visa contribuir para que os licenciandos percebam a relação geral que determina a invariante estrutural-funcional.

Nas resoluções das tarefas, a forma material, sensório-perceptual, é combinada com a linguagem verbal. Uma estratégia recomendável para se efetivar essa articulação é o trabalho em duplas. O professor deve orientar os licenciandos a comunicarem as suas ideias enquanto realizam a atividade. Nessa dinâmica, apoiados nos cartões de estudo, cada um deve alternar o papel de executar e de controlar as ações utilizadas na solução das tarefas. Em seguida, a formação da habilidade passa ser realizada no plano da linguagem externa.

Ainda em duplas, os licenciandos passam a resolver tarefas semelhantes às da etapa material/materializa. No entanto, como recomendam Talízina (2009) e de Núñez (2009), elas devem ser mais complexas e proporcionarem uma melhor exploração das possibilidades oferecidas pela linguagem verbal. No processo de resolução, um licenciando resolve a situação em voz alta, argumentando sobre o raciocínio seguido. Com apoio nos cartões de estudo, o seu par na dupla controla ações realizadas, verbalizando os erros e acertos. Nesse processo, o professor deve alternar os níveis de ajuda à resolução das tarefas, proporcionando cartões com níveis de detalhamento cada vez mais reduzidos.

As situações das etapas da linguagem verbal exigem resoluções com graus de detalhamento menos elevados e os recursos ilustrativos ganham nova dimensão. Nessa etapa, as tarefas procuram estabelecer uma correspondência entre o objeto concreto e o verbal (dado no problema), estimulando os licenciandos aprenderem a transitarem de uma forma à outra. Com base nas recomendações de Talízina (2009) para essa etapa do ciclo cognoscitivo, para não se direcionarem às características materiais, os tipos de isômeros apresentados nas situações de ensino das etapas do plano da linguagem verbal podem receber três tipos de tratamento principais: i) não apresentarem desenhos; e/ou ii) efetivarem-se como representações moleculares que não correspondem às condições das situações propostas; e/ou iii) correspondam a uma representação que teve de ser elaborada nas condições da situação proposta.

Pensando-se nas possibilidades oferecidas pela comunicação verbal nas inter-relações sociais, o professor também pode estimular o uso de outras estratégias além do trabalho em dupla. Nesse sentido, podem ser desenvolvidas atividades em pequenos grupos, debates, júri simulados, aulas de campo e atividades experimentais.

Depois de vivenciarem situações menos detalhadas e com níveis de ajuda menores, os licenciandos devem realizar algumas tarefas “falando para si mesmo”. Nesse momento, a reprodução das ações e a comparação das respostas obtidas são feitas em silêncio, recorrendo ao auxílio do professor quando necessário. Caso se desenvolvam bem, frente às situações

propostas, os licenciandos partem para o trabalho independente, na etapa mental, sem nenhum tipo de ajuda.

A última etapa do ciclo cognoscitivo deve constar de tarefas voltadas ao trabalho no plano intra-psicológico, no plano mental, e de modo independente, sem nenhum nível de ajuda. Nessa etapa, as ações da metodologia general de resolução das tarefas passam a se constituir como um feito do pensamento. Portanto, elas exigem processos de resoluções que exibam um ato do pensamento químico, decorrente de uma atividade automatizada e reduzida, realizada por fórmula (psicológica), na qual as palavras utilizadas pelos licenciandos nas suas explicações expressem conceitos. A ênfase dessas tarefas está na associação entre os conceitos com o texto escrito.

As tarefas da etapa mental também devem estimular a criatividade e na solução de situações novas, em especial, com enfoque CTS (NÚÑEZ, 2009). Além disso, outra possibilidade é desenvolver tarefas voltadas à transferência de conhecimentos. Uma vez verificada a transformação das ações materiais em mentais, das ações não generalizadas para a ação generalizada, da ação da forma detalhada para a abreviada, da ação coletiva e compartilhada para a ação independente, e da ação consciente para a automatizada é possível avaliar a internalização da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros. Conforme destacam Núñez e Ramalho, “(...) para poder chegar a dominar uma habilidade o estudante deve realizar o mesmo sistema de ações que a habilidade, ou também tarefas nas quais se variam as condições, a complexidade e o sistema de conhecimentos” (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013, p.169). Para chegar à formação a nível mental, é necessário que se utilize um sistema de tarefas para organizar o sistema didático e que, como hipótese de progressão, oriente a seleção da estrutura adequada da atividade de assimilação.

7.3.3 Planificação de um sistema de tarefas para a formação da habilidade

Com base em Núñez (2009) e Talízina (2009, 1988), sumarizou-se um conjunto de tipos de tarefas que oferece um panorama das diferentes possibilidades a serem utilizadas nas etapas de assimilação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, de acordo com os indicadores qualitativos selecionados, conforme apresentado no quadro 34.

Quadro 34 - Diferentes possibilidades a serem utilizadas para a elaboração de tarefas para as etapas de assimilação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros

Qualidade da ação	Tarefas		Etapas de assimilação			
	Tipos	Características	Plano material/materializado	Plano verbal		Plano mental
				Verbal externa	Verbal para si	
Generalização	Conteúdo objetal	Todos os objetos apresentam as características necessárias e suficientes, além de traços supérfluos ou secundários	x	x	x	x
		Alguns objetos não se relacionam com o conceito porque contêm ausência de uma das características necessárias e suficientes	x	x	x	x
	Lógica	Situações de pertinência	x	x	x	x
		Situações de não-pertinência	x	x	x	x
		Situações indeterminadas	-	x	x	x
	Psicológica		x	x	x	x
Forma da ação	Ênfase do enunciado	Forma material/materializada	x	-	-	-
		Forma escrita	-	x	x	x
	Representações dos objetos	Ênfase nos modelos ou representações	x	-	-	-
		Descrições (sem modelos e sem desenhos)	-	x	x	-
		Conceitos	x	x	x	x
	Descrição dos procedimentos utilizados		x	x	-	-
	Resposta	Forma oral	x	x	-	-
Forma escrita		x	x	x	x	
Consciência	Interpretativas		x	x	x	x
	Diretas e inversas		x	x	x	x
Independência	Níveis de ajuda distintos, com consulta aos mapas da atividade		x	-	-	-
	Sem ajuda		-	x	x	x

Fonte: o próprio autor

As tarefas em cada etapa do processo de formação da habilidade devem ser diversificadas e utilizadas segundo o princípio do contraste (TALÍZINA, 1988), ou seja, apresentando inicialmente as que mais se diferenciem e depois as mais semelhantes. Isso significa que no início da etapa de assimilação se evite trabalhar com um grande número de tarefas de uma das variantes da isomeria, como se faz tradicionalmente ao se privilegiar os isômeros constitucionais. Desse modo inicialmente, é preciso que se trabalhe

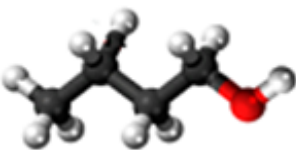
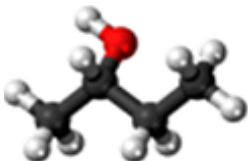
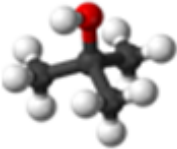
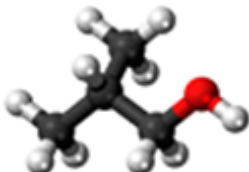
simultaneamente a solução de tarefas que correspondam com qualquer dos variantes e das suas manifestações. A seguir, a partir de exemplos de situações de ensino para a etapa material/materializada apresentam-se algumas dessas possibilidades, mostrando-se propostas de tarefas que podem ser trabalhadas para a formação da habilidade de explicar as propriedades das substâncias isoméricas, segundo os indicadores qualitativos definidos.

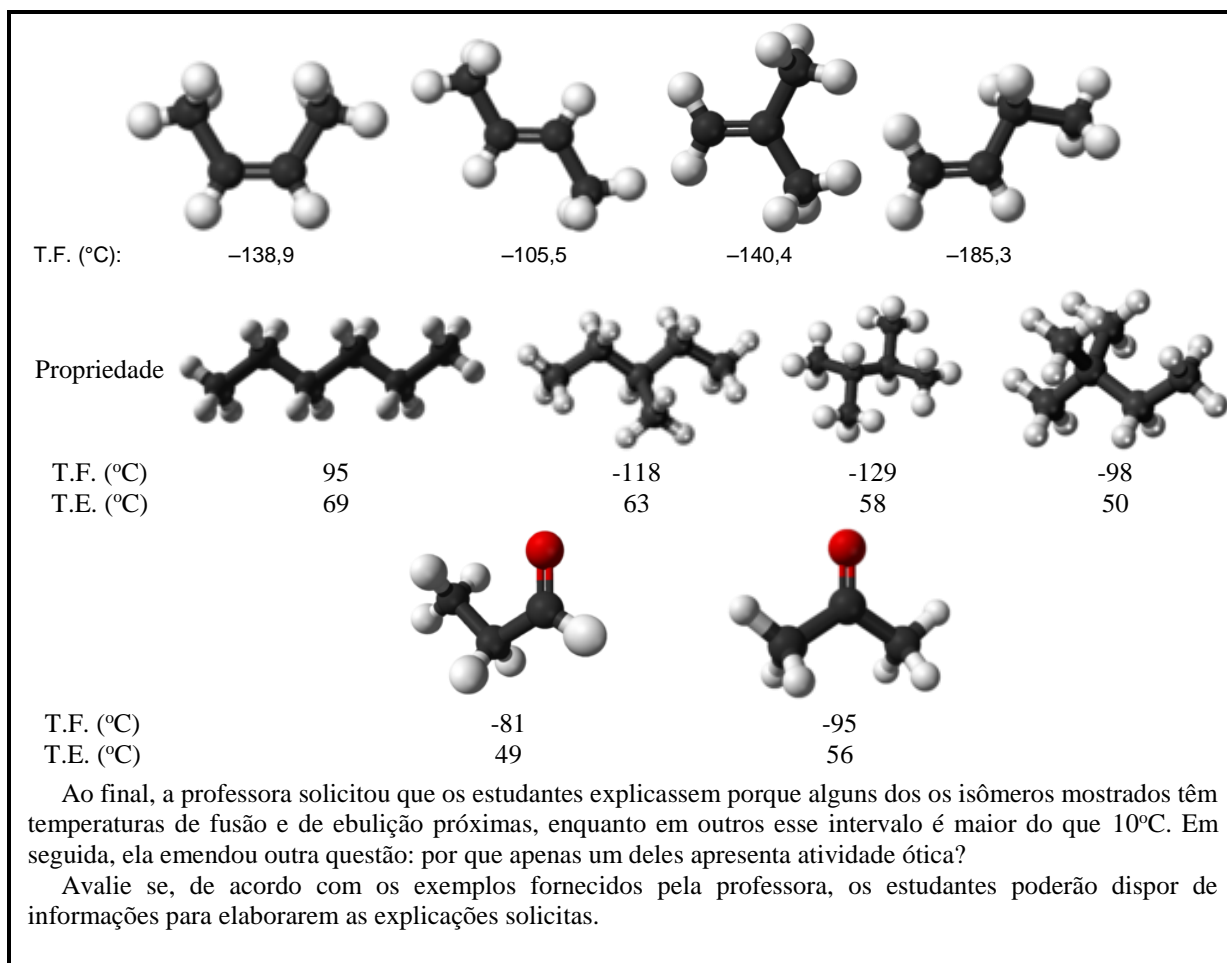
7.3.3.1 Tarefas para a formação da generalização

Para a formação do grau de generalização ao longo do processo de ensino-aprendizagem, com base em Núñez (2009) e Núñez e Ramalho (20013), foram propostos os seguintes tipos de tarefas: de conteúdo objetal, lógicas, psicológicas e do tipo direto e inverso. De acordo com as características de cada uma delas, as situações de ensino procuraram envolver os diferentes casos do isomerismo, reunidos nas duas variantes (isômeros constitucionais e estereoisômeros) e os três tipos de propriedades. Foram incluídas situações voltadas tanto para se trabalhar segundo a orientação geral e outras que não podem ser solucionadas, por estarem fora do limite de generalização.

Na etapa material/materializada, as tarefas de conteúdo objetal buscam contemplar modelos representacionais dos isômeros, que auxiliem a destacar as características necessárias e suficientes do conceito. Com base nesse aspecto, foi proposta a situação de ensino 5 (quadro 35).

Quadro 35 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal

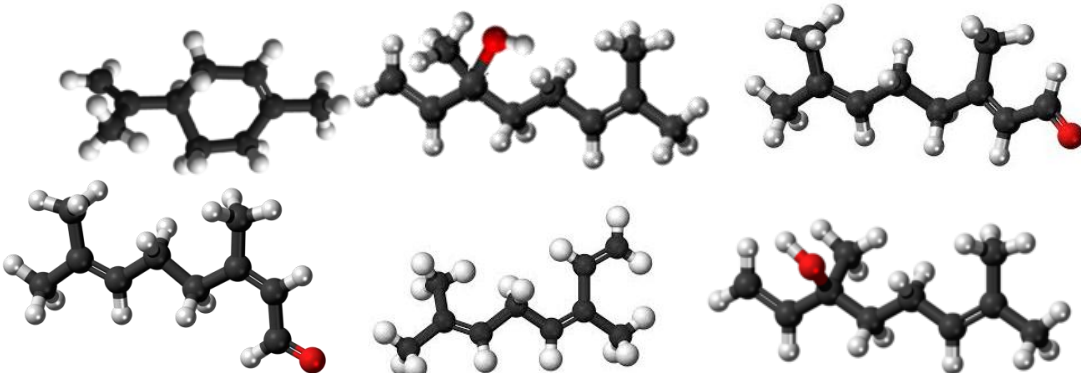
FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO TAREFA DE CONTEÚDO OBJETAL				
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA				
SITUAÇÃO DE ENSINO 5				
Em uma aula sobre combustíveis, uma professora utilizou exemplos de isômeros que são inflamáveis. Ela aproveitou a oportunidade para abordar outras propriedades das substâncias orgânicas, exemplificadas pelas moléculas representadas abaixo.				
				
T.F. (C)	- 89	- 114.7	-108	25
T.E. . (C)	118	99	108	82



Fonte: o próprio autor

A formação do grau de generalização também pode ser estimulada, por tarefas do tipo lógico. Elas envolvem situações nas quais se variam as condições necessárias e suficientes para identificação das particularidades do isomerismo. O quadro 36 traz um exemplo produzido para essa finalidade. Essa situação de ensino pode sofrer variações, ilustrando a possibilidade de que as tarefas do tipo lógico sejam trabalhadas com respostas positivas, negativas ou indeterminadas.

Quadro 36 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa do tipo lógico

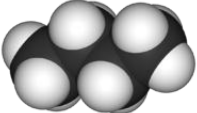
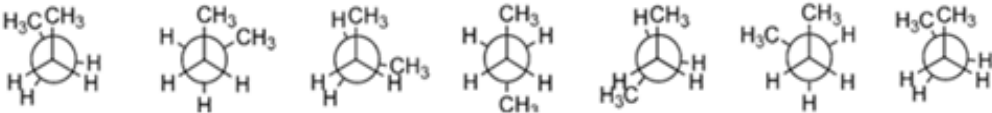
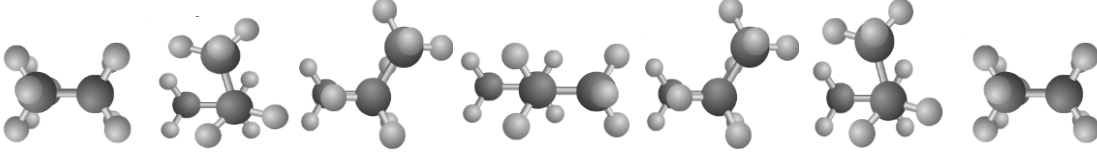
FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO TAREFA DO TIPO LÓGICO - SITUAÇÃO DE RESPOSTA POSITIVA		
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA		
SITUAÇÃO DE ENSINO 6		
<p>Convidado pela professora de química da escola, um perfumista desenvolveu uma atividade em uma turma do ensino médio. Ele realizou demonstrações sensoriais e extraiu essências. Além disso, fez experimentos para a análise da atividade ótica de substâncias naturais isoméricas, que são constituintes do Chanel N° 5, um famoso perfume francês, conforme representado abaixo.</p>		
		
<p>Os resultados das análises com as substâncias isoméricas e com as suas misturas equimolares foram reunidos no quadro mostrado abaixo e apresentados à turma.</p>		
Quadro. Atividade ótica de substâncias presentes na composição do Chanel N° 5		
Análise	Isômeros	Atividade ótica
1	A	Sim
	B	Sim
	A (50%) + B (50%)	Não
2	C	Não
	D	Não
	C (50%) + D (50%)	Não
3	E	Não
	F	Sim
	E (50%) + F (50%)	Sim
<p>Ao final do experimento, o perfumista distribuiu <i>kits</i> de modelos moleculares e pediu para os estudantes explicarem os resultados obtidos, ou seja, que identificassem os seis isômeros e explicassem o porquê das diferenças e semelhanças nas atividades óticas.</p> <p>Assim, como fizeram os estudantes, também utilizem modelos moleculares concretos e resolvam essa tarefa.</p>		
TAREFA DO TIPO LÓGICO - SITUAÇÃO DE RESPOSTA NEGATIVA		
SITUAÇÃO DE ENSINO 7		
<p>Na situação de ensino anterior, caso se suprima o termo “equimolares” e se solicite para explicar a atividade ótica dos diastereoisômeros com C*, pois a situação se torna de resposta negativa.</p>		
TAREFA DO TIPO LÓGICO - SITUAÇÃO DE RESPOSTA INDETERMINADA		
SITUAÇÃO DE ENSINO 8		
<p>Ainda em relação à situação de ensino anterior, caso se substitua o limoneno (F, o isômero cíclico) por outro isômero aquiral do mircenos (E, o hidrocarboneto alifático), os resultados não poderão ser totalmente explicados, pois a situação se tornará indeterminada.</p>		

Fonte: o próprio autor

Apesar de se exemplificar essa variedade a partir de uma mesma abordagem, as tarefas do tipo lógico devem ser estimuladas também dentro de situações de ensino distintas, como será mostrado mais adiante. No processo de formação da habilidade, é interessante que haja a variação na lógica do procedimento a ser executado, para se evitar a solução mecânica dos problemas apresentados. Ao resolver situações do tipo lógico, o licenciando é estimulado a desenvolver uma análise completa de condições das manifestações do isomerismo e das propriedades apresentadas pelos isômeros.

Outra forma contributiva para desenvolver o raciocínio do licenciando é oferecer-lhe tarefas que a correlacionem de modo diferente as características evidentes e conceituais na apresentação de um mesmo conteúdo. Esse tipo de situação pode ser viabilizada por meio de tarefas psicológicas, como a situação de ensino 9, apresentada no quadro 37.

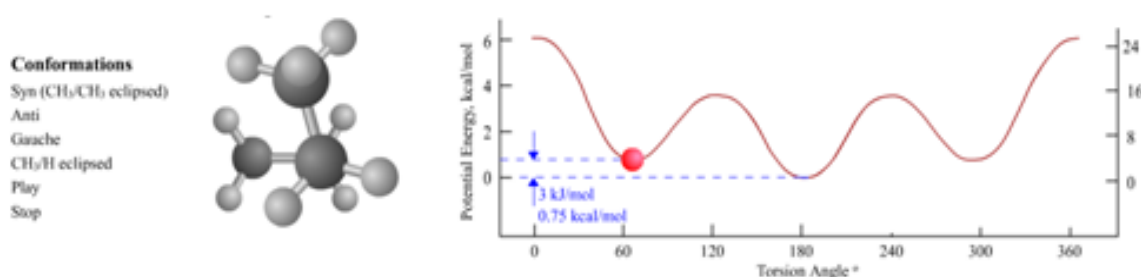
Quadro 37 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa do tipo psicológica

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO TAREFA PSICOLÓGICA	
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA	
SITUAÇÃO DE ENSINO 9	
<p>Em uma aula sobre hidrocarbonetos, uma professora de química fazia uma abordagem sobre as aplicações dos alcanos. No momento em que falava sobre o gás liquefeito de petróleo (GLP), ela discutiu sobre o butano. Em seguida, escreveu a seguinte afirmação no quadro: “No gás de cozinha, as moléculas do butano se assemelham mais a minhocas moleculares do que a pequenos bastões”.</p> <p>Os estudantes ficaram confusos. Ficaram mais confusos ainda quando a professora lhes pediu que interpretassem essa analogia a partir das proposições indicadas abaixo.</p>	
<u>Proposição 1</u>	
	
<u>Proposição 2</u>	
	
<u>Proposição 3</u>	
	
<p>Utilizando jujubas e palitos de dente e um aplicativo para análise conformacional do butano, proponha uma explicação que auxilie os estudantes a interpretarem essa analogia.</p>	

Fonte: o próprio autor

A situação de ensino 9 se direciona trabalhar na compreensão de características evidentes e conceituais dos isômeros conformacionais. De acordo com os desempenhos e com os interesses dos estudantes, pode-se aproveitar essa situação para apresentar uma nova tarefa, por exemplo, envolvendo a modelagem computacional. Além do ChemSteck, citado anteriormente, há outros aplicativos que permitem um tratamento didático para as conformações e configurações das moléculas. Por exemplo, existe um objeto de aprendizagem, disponibilizado pelo MEC que facilita a percepção visual desses aspectos conformacionais, como é ilustrado na figura 31.

Figura 31 – Objeto de aprendizagem para análise conformacional



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/> (Acesso em: 02/07/2012)

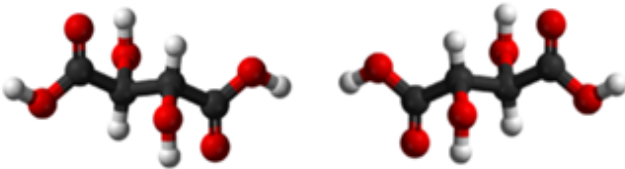
Os *softwares* podem ser ferramentas úteis para auxiliar nas resoluções das tarefas, contribuindo para o grau de generalização. No entanto, é preciso se exercer um controle para que eles não se constituam como simples ilustrações dinâmicas, associadas a motivações externas. Assim como os demais recursos, eles devem contribuir para uma motivação cognoscitiva, que deve ser constantemente estimulada ao longo das tarefas.

Na etapa material/materializada, mesmo se trabalhando de modo recorrente com modelos concretos e modelagens dos isômeros, as tarefas propostas não envolvem ou estimulam uma análise dos objetos não por si mesmos. Busca-se oferecer condições para que o licenciando resolva as situações propostas e vá se apropriando de um sistema de conceitos e procedimentos, envolvendo as características dos isômeros e da explicação de suas propriedades. Características que estão incluídas na composição da base orientadora da ação. Nas etapas material/materializada e da linguagem verbal (para os outros), a inclusão de modelos, *softwares* ou quaisquer outros recursos didáticos, visa auxiliar na resolução das tarefas e promover uma intervenção articulada com os cartões de estudo, contendo o mapa da atividade. Acredita-se que esse tratamento integrado possa auxiliar na apropriação do invariante procedimental pelos licenciandos.

Na etapa material/materializada, as situações propostas visam estimular comunicação interpessoal e a habilidade visual. Do ponto de vista químico-representacional, a confluência

dessas linguagens também pode ir se apresentando, ao longo da formação, em níveis de complexidade ascendentes. Com isso, procura-se que, paulatinamente, a imagem concreta contribua para a construção de abstrações. Desse modo, as situações de ensino apresentando modelos moleculares passam a dar lugar a tarefas em que se utilizam mais fórmulas estruturais e que se combinam modelos moleculares a linguagem escrita. As situações de ensino 11 (quadro 38) e 12 (quadro 39) são exemplos desse tipo de proposição.

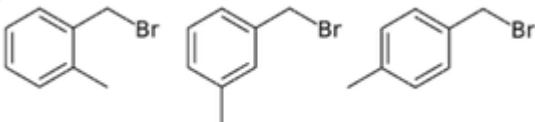
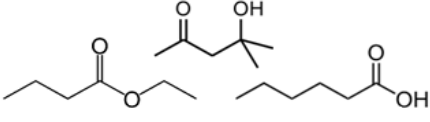
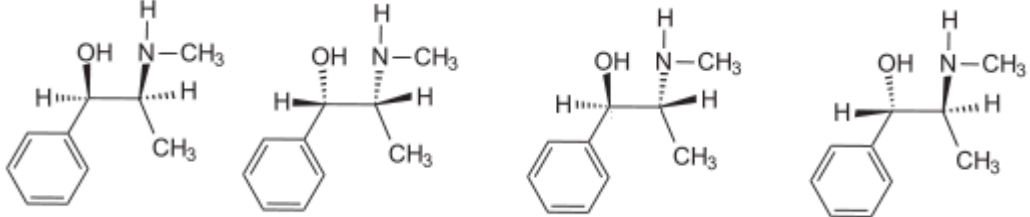
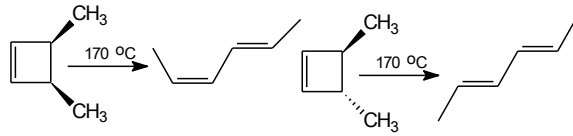
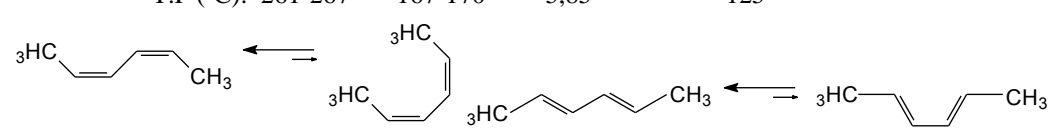
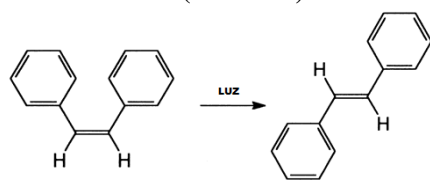
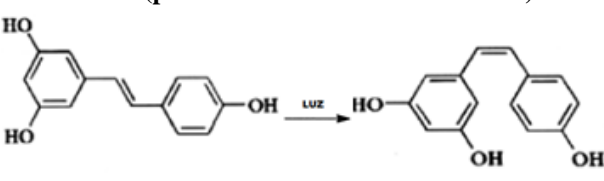
Quadro 38 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetal envolvendo correlação entre aspecto histórico e experimental

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO TAREFA DE CONTEÚDO OBJETAL			
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA			
SITUAÇÃO DE ENSINO 10			
<p>Interessado em discutir aspectos da história da química na abordagem da isomeria, um professor conseguiu três tipos de ácidos tartáricos. Utilizando um polarímetro adaptado, produzido a partir do artigo da revista <i>Química Nova na Escola</i>, ele fez uma demonstração na sala de aula. Após a análise qualitativa atividade ótica desses isômeros, ele projetou o seguinte <i>slide</i>:</p>			
			
Tabela – PROPRIEDADES DE ISÔMEROS DOS ÁCIDOS TARTÁRICOS			
Isômero	t.f. (°C)	t.e. (°C)*	Atividade ótica
A	168	210	+
B	171–174	210	0
C	168	210	-

Ao final da atividade, o professor disponibilizou modelos moleculares e solicitou que os estudantes explicassem as semelhanças e as diferenças nas propriedades desses isômeros.

Considerando os dados obtidos e as representações estruturais fornecidas, com o uso de modelos moleculares, avalie se os estudantes dispõem de informações corretas para subsidiarem as suas explicações.

Quadro 39- Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetual utilizando fórmulas estruturais

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO - TAREFA DE CONTEÚDO OBJETUAL	
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA	
SITUAÇÃO DE ENSINO 11	
<p>Trabalhando em um projeto com o professor de informática, uma professora de química orientou os seus estudantes a montarem, em dupla, um <i>blog</i> sobre aspectos abordados nas aulas da escola. Na primeira semana de aulas sobre isomeria, as duplas teriam de postar um hipertexto, também desenvolvido por eles. O hiperdocumento teria de contemplar, conjuntamente e de forma integrada, diferentes tipos de isômeros, explicando as semelhanças e diferenças em algumas das suas propriedades.</p> <p>Uma das duplas resolveu explicar as diferenças e semelhanças nas temperaturas de fusão dos isômeros. Para isso, selecionou os conjuntos mostrados abaixo para incluir no hipertexto.</p>	
<p>Agentes lacrimogêneos que foram usados como gás de guerra</p>  <p>T.F (°C): 18-20 39-41 34-36</p>	<p>Odores exibidos por alguns compostos oxigenados</p>  <p>-93 -47 -3</p>
<p>Substâncias utilizadas para emagrecimento, mas proibidas pelos comitês esportivos</p>  <p>(1R, 2S)-(-)-Efedrina (1S, 2R)-(+)-Efedrina (1R, 2R)-(-)-Pseudoefedrina (1S, 2S)-(+)-Pseudoefedrina</p> <p>T.F.=37 – 39 °C T.F.= 118 – 120 °C</p>	
<p>Reações de alguns alcenos</p>  <p>T.F (°C): 261-267 167-170 5,85 125</p> 	
<p>Estilbenos (sintéticos)</p>  <p>T.F. (°C): 5,85 125</p>	<p>Resveratróis (presentes na uva e no vinho tinto)</p>  <p>261-267 167-170</p>
<p>Análise se as relações apresentadas pelos estudantes retratam diferentes classes de isômeros. Em seguida, já que eles esqueceram, proponha algumas explicações para serem vinculadas no hipertexto sobre o porquê das semelhanças e diferenças nas temperaturas de fusão dos isômeros exemplificados.</p>	

Fonte: o próprio autor

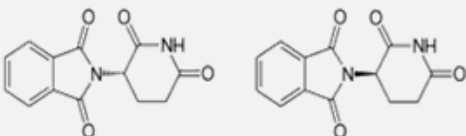
Na etapa da linguagem externa, os tipos de tarefas para a formação do grau de generalização se assemelham às da etapa material/materializada. No entanto, elas devem contemplar ainda mais os recursos da linguagem oral. A seguir são apresentadas duas situações de ensino (12 e 13), que apresentam características de tarefas do tipo lógico, propostas para as etapas da linguagem externa, com os outros (quadros 40 e 41).

Quadro 40 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetual para a etapa da linguagem externa, para os outros

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO			
TAREFA DO TIPO LÓGICO - SITUAÇÃO DE PERTINÊNCIA			
ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, COM OS OUTROS			
SITUAÇÃO DE ENSINO 12			
<p>Os professores de química e de biologia de uma escola de ensino integral, em uma das atividades do contra-turno, fizeram uma visita a um laboratório de entomologia de uma universidade. Eles participaram de uma atividade, organizadas pelos pesquisadores da instituição, que envolvia um experimento demonstrativo com barbeiros da espécie <i>Rhodnius prolixus</i>. Esses insetos são um dos principais vetores do <i>Trypanosoma cruzi</i>, agente etiológico da doença de Chagas, uma doença ainda sem cura e encontrada apenas na América Latina. No experimento, foram utilizados apenas insetos não infectados.</p> <p>Os pesquisadores transferiram algumas gotas de um líquido incolor para um pequeno pedaço de tecido. Em seguida, colocaram o material dentro de um balde, que apresentava um orifício na sua tampa, e o transferiram para uma grande gaiola contendo alguns desses barbeiros. Aos poucos, os barbeiros foram se direcionando ao balde e acabaram caindo na armadilha.</p> <p>Ao serem questionados pelos estudantes sobre a composição do líquido, os pesquisadores falaram que se tratava de dois compostos, que foram isolados de uma mistura volátil produzidos nas glândulas dos insetos adultos dessa espécie. Em seguida, eles projetaram um slide contendo a composição química da mistura.</p>			
<p>1 (E)-2-metil-3-penten-2-ol 2 (S)-4-metilpentan-2-ol 3 (S)-hexan-3-ol 4 2-metilbutan-1-ol 5 (S)-4-metil-3-penten-2-ol 6 (R)-4-metil-3-penten-2-ol 7 Butan-2-one 8 Pentan-2-one 9 (S)-Butan-2-ol 10 2-metil-3-buten-2-ol 11 3-metilbutan-2-ol 12 Pentan-3-ol 13 (S)-Pentan-2-ol</p>			
<p>Nesse momento, as professoras de química passaram a coordenar a discussão. Elas afirmaram que as duas substâncias são isômeros constitucionais e não apresentam outros isômeros dentro da mistura produzidas nas glândulas. De acordo com testes preliminares, esses dois isômeros têm a potencialidade de serem usados em armadilhas para capturar barbeiros dessa espécie no campo. Além da questão biológica, acredita-se que as semelhanças entre as suas temperaturas de ebulição (em torno de 134 °C) também seja um fator contributivo para a sua possível aplicação.</p> <p>Explique o porquê da semelhança nas temperaturas de ebulição dos dois isômeros, que são substâncias potencialmente aplicáveis no controle biológico dessa espécie de barbeiro.</p>			

Fonte: o próprio autor

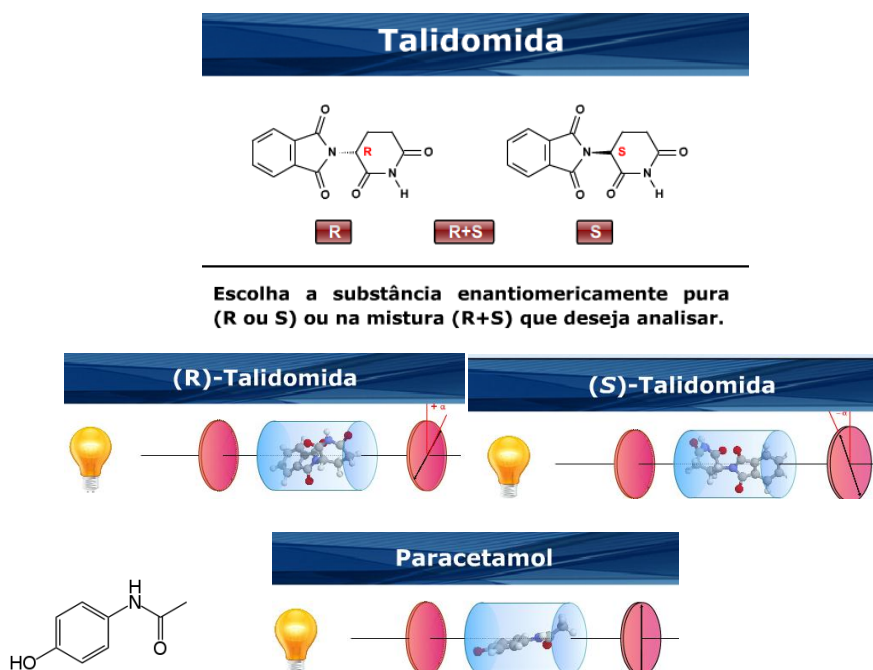
Quadro 41 - Situação de ensino sugerida para a formação da generalização - Tarefa de conteúdo objetual para a etapa da linguagem externa, para os outros, envolvendo o uso de simulações

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO TAREFA DO TIPO LÓGICO – SITUAÇÃO DE PERTINÊNCIA
ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, COM OS OUTROS
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 13</p> <p>Um grupo de estudantes do ensino médio preparou um projeto para apresentar na feira de conhecimentos da escola. A temática escolhida foi a atividade ótica das substâncias orgânicas. Eles fizeram uma catalogação de diferentes fármacos e escolheram a talidomida como exemplo. Para destacar a proposta e ilustrar o <i>banner</i> a ser usado no evento, o grupo pensou em colocar a seguinte explicação:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Os fármacos são substâncias quirais, ou seja, desviam o plano da luz polarizada, por isso podem apresentar efeitos indesejáveis aos humanos, como ocorre com a talidomida.</p>  </div> <p>No entanto, os estudantes ficaram na dúvida quanto à informação a ser veiculada e tiveram receio de que ela comprometesse a avaliação do trabalho.</p> <p>Como a escola estava há um bom tempo sem professor de química, eles resolveram pedir ajuda aos universitários. No caso, a vocês.</p> <p>Utilizem o “Polarímetro virtual” para resolver essa situação complicada enfrentada pelos estudantes, avaliando se a explicação elaborada está correta.</p>

Fonte: o próprio autor

A situação 13 envolve uma simulação da atividade ótica de diferentes estereoisômeros. Tarefas desse tipo podem ser pensadas, por exemplo, para serem realizadas nos laboratórios das universidades ou em sala, utilizando-se os dispositivos eletrônicos portáteis. A interatividade do *software*, que é simples e disponibilizado gratuitamente na internet, permite um trabalho em duplas, onde um dos componentes exerce o papel de controlador das ações seguidas pelo outro licenciando. Nesse tipo de tarefa, o professor deve orientar os a utilizarem os mapas da atividade para realizarem medições simuladas do desvio do plano da luz polarizada, comparando a atividade ótica de fármacos quirais e a quirais, como talidomida e o paracetamol, que são projetados na tela do computador, como se mostra na figura 32.

Figura 32 – Simulação sugerida para uma situação de ensino formatada como uma tarefa de conteúdo objetivo para a etapa da linguagem externa, com os outros, envolvendo o uso de simulações



Fonte: <http://www.quimica.ufc.br/polarimetro> (Acesso: 14/04/2013)

Aos resolverem essa situação de ensino, apoiados no mapa da atividade, os licenciandos devem analisar a explicação equivocada proposta pelos estudantes e elaborarem uma explicação cientificamente correta. Para tanto, será necessário se basear nas relações entre constituição-estereoquímica para explicar a atividade ótica, além de diferenciar essa propriedade quantitativa das propriedades farmacológicas.

Ao longo do processo da formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros, também é aconselhável que se ofereçam situações de ensino em que se trabalhe fora dos limites de generalização. Algumas tarefas nessa direção foram propostas, como pode ser visto nos quadros 42 e 43.

Quadro 42 - Situação de ensino sugerida fora do limite de generalização, sugerida para a etapa da linguagem externa, com os outros

TAREFA FORA DO LIMITE DE GENERALIZAÇÃO

ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, COM OS OUTROS

SITUAÇÃO DE ENSINO 14

O alaranjado de metila, 4-[4'-(dimetilamino)fenilazo]benzenosulfonato de sódio, é um indicador frequentemente utilizado em titulações ácido-base. Apesar de não ter um largo espectro de mudança de cores, ele apresenta um ponto final bem definido. Por causa de sua nítida mudança de coloração em pH medianamente ácido, ele é adicionado a soluções de ácidos, onde exibe o seguinte comportamento:

Identificando os tipos de isômeros existentes entre as espécies envolvidas nesse processo, explique o porquê da diferença dos valores de pK_a entre II e V.

Fonte: o próprio autor

Quadro 43 - Situação de ensino fora do limite de generalização, sugerida para a etapa da linguagem externa, com os outros

TAREFA FORA DO LIMITE DE GENERALIZAÇÃO

ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, PARA SI

SITUAÇÃO DE ENSINO 15

As mutações espontâneas ocorrem ao acaso, como um evento natural na vida de um organismo. Em geral, são provocadas por uma modificação química transitória nas bases nitrogenadas do DNA.

Base nitrogenada	Timina(T)	Guanina(G)	Citosina(C)	Adenina(A)
Formas relacionadas (Formas raras)				

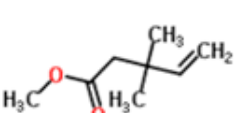
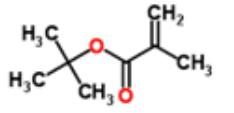
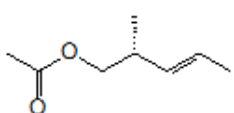
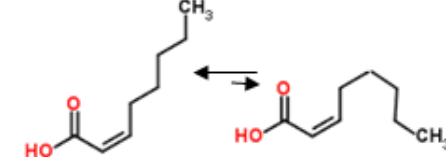
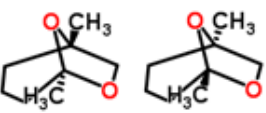
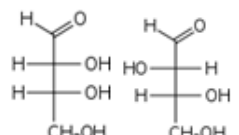
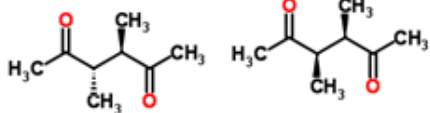
Ao solicitar uma explicação sobre a influência do isomerismo nas mutações espontâneas, uma professora verificou que 55% da turma o atribuíam aos isômeros conformacionais entre cada uma dessas bases do DNA. Os demais associaram tais mutações às influências de isômeros Z-E. Elabore uma explicação para a ocorrência dessas mutações e avalie qual dos grupos está correto.

Fonte: o próprio autor

7.3.3.2 Tarefas para a formação do grau de consciência

O grau de consciência a ser desenvolvido na formação da habilidade não pode ser formado por via direta. Ele resulta de combinações das características a serem trabalhadas nas tarefas. Nesse sentido, conforme reforçam Núñez e Ramalho (2011), pode-se pensar em duas vias principais, correlacionadas, para o seu desenvolvimento. Inicialmente, o licenciando, deve tomar consciência da lógica da estrutura da atividade que está realizando. Esse processo deve exigir uma reflexão consciente das formas em que se apresentam as tarefas com as quais se depara e das resoluções efetuadas. Por isso, o licenciando deve explicar as opções escolhidas nos caminhos que está seguindo. Uma possibilidade nesse sentido é proposta na situação 16 (quadro 44).

Quadro 44 – Situação de ensino 16 – Tarefa do tipo lógico para formação do grau de generalização

FORMAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO	
TAREFA DO TIPO LÓGICO - SITUAÇÃO INDETERMINADA	
SITUAÇÃO DE ENSINO 16	
<p>Um professor utilizou um vídeo sobre a vida dos elefantes, uma aula de química. As imagens mostravam o controle exercido pela quiralidade molecular sobre as interações sociais entre esses animais.</p> <p>Ao longo da abordagem, o professor apresentou os resultados de uma pesquisa científica sobre o papel desempenhado por uma mistura opticamente inativa de dois estereoisômeros $C_8H_{14}O_2$ sobre os elefantes. Produzido na glândula frontal da cabeça dos machos, o racemato afasta os elefantes machos jovens e atrai as fêmeas que se encontram no período fértil. Essa mistura está indicada em um dos conjuntos abaixo.</p>	
 <p>Conjunto 1</p>	 <p>Conjunto 2</p>
 <p>Conjunto 3</p>	 <p>Conjunto 4</p>
 <p>Conjunto 5</p>	 <p>Conjunto 6</p>
 <p>Conjunto 7</p>	
<p>Em seguida o professor pediu para os estudantes indicarem qual dos conjuntos corresponde às substâncias responsáveis pelo domínio exercido pelo elefante macho adulto, tomando por base a explicação de uma propriedade apresentada pelos racematos.</p> <p>Utilizando os mesmos critérios, indique qual conjunto corresponde à mistura racêmica.</p>	

Fonte: o próprio autor

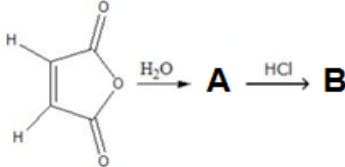
Os diferentes tipos de tarefas propostas para o Sistema Didático pretendem contribuir para que os licenciandos transitem pelas situações de ensino propostas, trabalhando com a tradução da lógica das ações externas à lógica dos conceitos e das formulações verbais. Por isso, uma vez utilizadas, é necessário que o professor solicite e encoraje os licenciandos a exporem os seus pensamentos, justificando e/ou explicando as suas escolhas, por meio da linguagem verbal (oral ou escrita). Esse procedimento pode ser estimulado, por exemplo, apresentando-se determinado problema solicitando o que o licenciando o interprete, explicando como ele deve ser resolvido, como se propõe nas situações 17 e 18 (quadros 45 e 46).

Quadro 45 - Situação de ensino do tipo interpretativa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa material/materializada

TAREFA FORMAÇÃO DO GRAU DE CONSCIÊNCIA TAREFA DO TIPO INTERPRETATIVO	
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA	
SITUAÇÃO DE ENSINO 17	
<p>Na medição da atividade ótica de uma a solução aquosa de D-(+)-glicose, verificou-se que, ao longo de determinado período, houve a diminuição do valor do ângulo de desvio medido inicialmente, +112.2°. Depois, ele se estabilizou em, 52.6°.</p> <p style="text-align: center;">Esquema - Interconversão da D-(+)-glicose, quando em solução aquosa</p> <p>Utilizando modelos concretos para representar os diferentes tipos de isômeros que participam desse processo, explique o porquê da variação do ângulo de desvio da luz plano-polarizada,</p>	

Fonte: o próprio autor


Quadro 46 - Situação de ensino do tipo interpretativa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa da linguagem verbal, com os outros

TAREFA FORMAÇÃO DO GRAU DE CONSCIÊNCIA TAREFA DO TIPO INTERPRETATIVO	
ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM VERBAL, COM OS OUTROS	
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 18</p> <p>Tomando cuidado com as normas de segurança e utilizando os equipamentos de proteção individual e coletiva, realize o procedimento experimental descrito a seguir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transfira 3 mL de água destilada para um tubo de ensaio, de 18 x150, e aquecer até a fervura. Acrescente 2,5 g de anidrido maleico. Esfrie a solução em banho de gelo. • Recolha o precipitado, usando um funil de büchner pequeno. Seque o precipitado e determine o ponto de fusão. • Adicione 5 mL de HCl (concentrado) à água-mãe e aqueça suavemente a mistura, até que comece a aparecer cristais (5-10 min). Esfrie a mistura. • Filtre os cristais, secá-los, pesá-los e determinar o ponto de fusão (caso seja superior a 200°C), desligue o equipamento. <p>Explique as diferenças de temperatura de fusão entre A e B..</p>	 <p>The diagram shows the chemical reaction of maleic anhydride (a five-membered cyclic anhydride with two double bonds) reacting with water (H₂O) to form product A (maleic acid). Product A then reacts with hydrochloric acid (HCl) to form product B.</p>

Fonte: o próprio autor

A realização de tarefas no sentido inverso, ao geralmente proposto (direto), também é uma forma de estimular o grau de consciência quanto a uma orientação geral. Com a utilização desse tipo de tarefa, procura-se utilizar outro caminho para destacar a estrutura das relações e dependências entre os componentes do sistema. Como destaca Núñez (2009), esse procedimento pode ser utilizado tanto para a metodologia geral como um todo quanto para uma parte dela, como é sugerido na situação de ensino 19 (quadro 47).

Quadro 47 - Situação de ensino do tipo direta e inversa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa material/materializada

FORMAÇÃO DO GRAU DE CONSCIÊNCIA TAREFA DIRETA E INVERSA				
ETAPA MATERIAL/MATERIALIZADA				
SITUAÇÃO DE ENSINO 19				
Um professor apresentou, em sala de aula, os resultados de uma análise química realizada com quatro álcoois isoméricos, conforme mostrado na tabela abaixo.				
Tabela - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DAS TEMPERATURAS DE EBULIÇÃO E DE FUSÃO DE ISÔMEROS C ₄ H ₁₀ O				
Propriedade	Álcool 1	Álcool 2	Álcool 3	Álcool 4
T.F. (C)	- 89	- 114.7	-108	25
T.E. . (C)	118	99	108	82
Em seguida, na própria mesa da sala, ele transferiu 50 mL em um desses álcoois para um béquer e o deixou em repouso em banho de gelo. Passado algum tempo, verificou-se a formação de cristais dentro do béquer. Então, o professor mostrou as representações estruturais indicadas abaixo e solicitou que os estudantes explicassem o porquê da formação dos cristais.				
				
Em seus argumentos, a maioria dos estudantes afirmou que essa cristalização é resultante da maior quantidade de pontes de hidrogênio entre as moléculas de etanol, quando comparadas com as dos demais álcoois.				
Propondo uma explicação para essa cristalização, avalie se esse tipo de resposta atende ao verificado no experimento.				

Fonte: o próprio autor

A resolução de uma tarefa para completar e estabelecer o estado inicial de um problema pode envolver a representação materializada de um ou de um conjunto de objetos, como indicado na situação acima, mas também pode considerar um nível maior de abstração. A situação 18 (quadro 48) foi proposta pensando-se nesse tipo de possibilidade de utilização, para a etapa da linguagem externa, para si.

Quadro 48 - Situação de ensino do tipo direta e inversa, para formação do grau de consciência, sugerida para a etapa da linguagem externa, para si

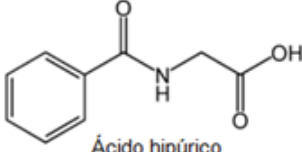
FORMAÇÃO DO GRAU DE CONSCIÊNCIA													
TAREFA DE RESOLUÇÃO DE FORMA DIRETA E INVERSA													
ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, PARA SI													
SITUAÇÃO DE ENSINO 20													
<p>Em uma aula de química orgânica experimental, foram utilizados um polarímetro e um medidor de ponto de fusão para se realizar medições da rotação específica e da temperatura de fusão de diferentes substâncias isoméricas, puras. Em seguida, adicionou-se solução de I₂ aos tubos de ensaio contendo soluções de cada um dos isômeros analisados.</p> <p>Os resultados obtidos nas análises foram expressos no quadro abaixo, de acordo com quatro tipos de conjuntos de isômeros envolvidos: diastereoisômeros com dois C*, enantiômeros com um C*, isômeros constitucionais e isômeros Z-E.</p>													
Propriedade	Isômeros												
	A				B		C		D				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S11	S12	S13	S14	
Atividade ótica	0				(+)	(-)	(+)	(-)	0				
Pontos de fusão	Diferentes				Iguais		Diferentes		Diferentes				
Reação com I ₂	Positiva				Negativa		Negativa		Negativa				
<p>Quadro. Propriedades apresentadas por isômeros</p> <p>Para cada uma das colunas, identifique o tipo de isômeros que corresponde às diferenças nas propriedades exibidas no conjunto isômeros e explique o porquê das diferenças nas suas propriedades.</p>													

Ao longo do processo formativo da habilidade explicar as propriedades dos isômeros, o grau de consciência dos licenciandos deve se desenvolver tanto do ponto de vista conceitual quanto procedimental. Esses aspectos podem ser avaliados de acordo com os indicadores estipulados. Nas situações de ensino propostas, espera-se contribuir para que os conceitos e as habilidades desenvolvidas se tornem elementos internos de inteligência e personalidade individual, associadas a um pensamento químico. No entanto, a formação de pensamento químico também relacionado à promoção de valores, individuais e socialmente relevantes. Por isso, as situações de ensino propostas, algumas de modo mais específico, possibilitam o trabalho com atitudes e de valores.

Buscou-se integrar o desenvolvimento de valores às situações propostas, de uma forma geral, pois, como relembra Núñez (2009), também nesse tipo de processo, o cognitivo não é separado do componente afetivo da personalidade. Portanto, as situações propostas também pretendem estimular que a formação da consciência no processo de formação da habilidade não se volte apenas à exibição de um pensamento químico, mas também ao que deve ser feito com esse pensamento químico. Em algumas situações de ensino desse tipo de abordagem

pode decorrer das implicações dos usos de isômeros, por exemplo, quando se analisa a atividade ótica de fármacos. Em outros momentos a própria situação está proposta em torno do desenvolvimento de atitudes e de valores, como acontece na situação 21 (quadro 49).

Quadro 49 – Situação de ensino 21 – Tarefa interpretativa

FORMAÇÃO DO GRAU DE CONSCIÊNCIA TAREFA INTERPRETATIVA	
ETAPA DO PLANO DA LINGUAGEM EXTERNA, COM OS OUTROS	
SITUAÇÃO DE ENSINO 21	
<p>O ácido hipúrico é um biomarcador de exposição ocupacional para o tolueno, um hidrocarboneto que pode estar presente na gasolina. Com base em um laudo que confirmou a presença de uma substância de fórmula $C_9H_9NO_3$ em amostras dos seus sangues, cinco ex-frentistas entraram na justiça contra a empresa de postos de combustíveis, na qual trabalharam.</p> <p>Os trabalhadores alegavam ter adquirido doenças respiratórias por causa da exposição ocupacional aos combustíveis. Considerando a especificidade das informações, a justiça solicitou um parecer técnico de um perito.</p> <p>Divididos em dois grupos, vocês irão realizar um júri simulado para julgar esse caso. Um dos grupos atuará como paraceristas técnicos da empresa, enquanto o outro servirá como testemunha para a promotoria. Ambos deverão utilizar um conjunto de substâncias isoméricas e das propriedades que elas apresentam, dentro do limite de generalização proposto em nosso estudo, para elaborar explicações a serem usadas pelos juristas. Com base nos argumentos apresentados nas explicações dos dois grupos, um professor convidado julgará o caso.</p>	 <p>Ácido hipúrico</p>

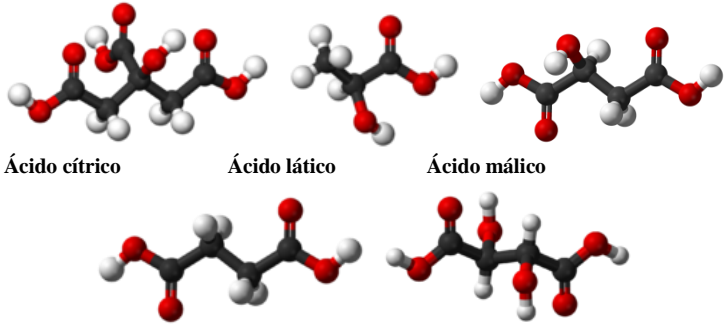
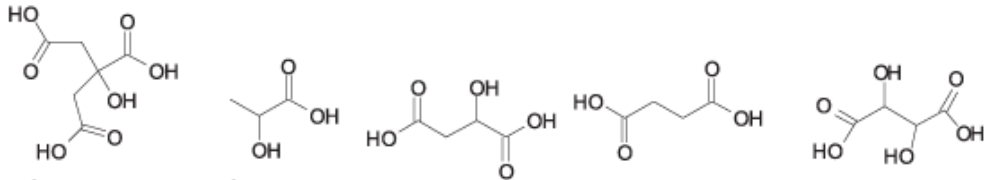
Fonte: o próprio autor

7.3.3.3 Tarefas de acordo com a forma da ação e para a formação do grau de independência

O grau de independência é trabalhado pela oferta de diferentes níveis de ajuda na solução das tarefas. Ajudas vindas do professor, da interação com os colegas e por meio do uso dos cartões de estudo. Por isso, nas tarefas propostas, pensou-se que as suas resoluções fossem possibilitadas com uma ajuda maior, para depois se reduzir, gradualmente, o conteúdo do apoio externo, de acordo com a etapa do ciclo cognoscitivo para as quais foram planejadas.

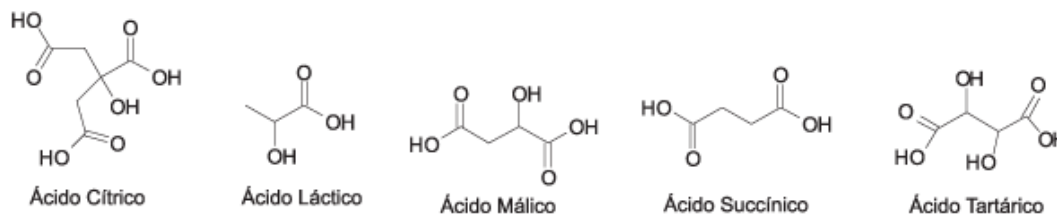
Nas situações apresentadas anteriormente, já se indicava uma hipótese de utilização em uma dada etapa do ciclo cognoscitivo. A seguir, sugerem-se outras possibilidades que podem ser oferecidas pela relação forma-independência a partir de modificações que podem ser realizadas pelo professor dentro do processo de formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, conforme indicado no quadro 50.

Quadro 50– Situações de ensino de acordo com a forma da ação

TAREFAS DE ACORDO COM A FORMA DA AÇÃO
ETAPA DA LINGUAGEM NO PLANO EXTERNO
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 22</p> <p>Um grupo de estudantes visitou a uma vinícola. No local, o enólogo da agroindústria informou que os principais ácidos orgânicos presentes nos vinhos de uva são o cítrico, o láctico, o málico, o succínico e o tartárico, representados abaixo. Um deles é o isômero dextrorrotatório (+) de um composto meso usado por falsificadores para adulterar o vinho.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Ácido cítrico Ácido láctico Ácido málico</p> <p>Ácido succínico Ácido tartárico</p> </div> <p>Utilizando modelos moleculares concretos, represente as estruturas dos ácidos orgânicos envolvidos no processo e explique as diferenças entre a propriedade física dos isômeros relacionados ao processo de adulteração.</p>
ETAPA DA LINGUAGEM NO PLANO VERBAL, COM OS OUTROS
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 23</p> <p>Uma equipe de química de uma escola pública ficou em primeiro lugar em um concurso estadual de projetos inovadores para o ensino de ciências. Como parte das premiações recebidas, um grupo de estudantes recebeu financiamento para visitar uma vinícola do Vale do São Francisco.</p> <p>Na apresentação realizada pelo enólogo da agroindústria, eles foram informados sobre algumas características da produção de vinhos. Entre as informações que chamaram a atenção do grupo, estava a importância dos ácidos orgânicos para a qualidade do produto. Eles puderam verificar que os principais ácidos orgânicos presentes nos vinhos de uva são o cítrico, o láctico, o málico, o succínico e o tartárico. No vinho, esses ácidos contribuem para estabilizar a coloração e para o equilíbrio aroma-gustativo. Um isômero dextrorrotatório (+) é o principal ácido orgânico encontrado tanto na uva quanto no vinho. As formas de ocorrência dessas substâncias na natureza podem ser representadas como foi realizado abaixo.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Ácido Cítrico Ácido Láctico Ácido Málico Ácido Succínico Ácido Tartárico</p> </div> <p>Um ponto destacado pelo enólogo atraiu ainda mais a atenção do grupo. Ele afirmou que algumas empresas, não idôneas, adulteram os vinhos. Uma das formas utilizadas é a adição do isômero meso desse principal ácido orgânico para conferir acidez artificial ao produto.</p> <p>Ao ser solicitado a explicar porque os fraudadores adicionam o isômero meso, o enólogo pensou... E disse: expliquem vocês para mim.</p> <p>Vocês que integravam o grupo, explique em que se baseiam os falsificadores para utilizar o isômero meso.</p>
ETAPA DA LINGUAGEM NO PLANO VERBAL, PARA SI

SITUAÇÃO DE ENSINO 24

Os principais ácidos orgânicos presentes nos vinhos de uva são o cítrico, o láctico, o málico, o succínico e o tartárico, que estão representados abaixo. Esses ácidos contribuem para a qualidade do produto, auxiliando a manter a coloração e o equilíbrio aroma-gustativo



O isômero dextrorrotatório de uma dessas substâncias é o principal ácido orgânico encontrado tanto na uva quanto no vinho. Em um dos processos utilizados na adulteração de vinhos, adiciona-se o seu isômero meso para conferir acidez artificial ao produto.

Explique em que se baseiam os falsificadores para utilizar o isômero meso.

ETAPA DA LINGUAGEM MENTAL**SITUAÇÃO DE ENSINO 25**

Um grupo de estudantes visitou uma vinícola do Vale do São Francisco. Na apresentação realizada pelo enólogo da agroindústria, eles foram informados que entre os ácidos orgânicos majoritários nos vinhos de uva – ácidos cítrico, láctico, málico, succínico e tartárico – uma substância dextrorrotatória é o principal constituinte para manter a qualidade sensorial do produto. E enólogo também comentou que algumas empresas não idôneas adicionam o isômero meso desse principal componente para conferir acidez artificial ao produto.

Ao ser solicitado a explicar porque os fraudadores adicionam o isômero meso, o enólogo pensou... Então resolveu apresentar algumas características desses ácidos, projetando o *slide* abaixo.

Quadro. Características dos ácidos orgânicos de ocorrência natural

Característica	Ácido orgânico				
	Láctico	Cítrico	Málico	Succínico	Tartárico
Carbono estereogênico	1	0	0	0	2
Atividade ótica	(+)	0	0	0	(+)

Depois ele solicitou que os estudantes explicassem porque os fraudadores utilizam essa substância para adulterar o pH.

Avalie se as informações repassadas aos estudantes lhes permitiriam explicar o porquê da preferência pelo uso do isômero meso.

Fonte: o próprio autor

No plano da linguagem verbal “para si”, a forma verbal passa a ser abreviada. As tarefas devem estimular uma reflexão, para uma melhor análise dos objetos. Para o último momento do ciclo cognoscitivo, as tarefas propostas visam contribuir para que o licenciando transforme os objetos materiais e a composição operacional em imagem mental. No quadro 51, apresentam-se algumas hipóteses de situações que favoreçam a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros.

Quadro 51 – Situações de ensino propostas para a etapa mental

ETAPA DA LINGUAGEM MENTAL
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 26</p> <p>Um jornalista publicou uma matéria sobre testes realizados pela indústria farmacêutica. Em um ponto da reportagem, foi informado que a empresa avaliou as atividades biológicas de mil isômeros contra uma doença degenerativa. A indústria buscava encontrar uma substância bioativa, mas que fosse oticamente inativa. Segundo a reportagem, até a fase pré-clínica, apenas um dos isômeros apresentou resultados significativos contra a doença. Ele possuía dois carbonos estereogênicos e apresentava afinidade tanto com o meio aquoso quanto com o lipofílico.</p> <p>Avalie se o isômero bioativo satisfaz aos critérios elencados pela indústria.</p>
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 27</p> <p>Um colégio divulgou um edital de chamada a propostas para a elaboração um livro de química. O material será utilizado nas turmas do ensino médio, no ano letivo seguinte. Tanto professores universitários quanto licenciandos em química poderão participar desse edital. Atendendo às normas do processo seletivo, aproveite a oportunidade e envie uma proposta preliminar. Ela deve conter uma síntese de uma abordagem pedagógica para o conteúdo isomeria, que irá compor um dos capítulos do livro. Estruture-a em torno da formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, dentro de um tratamento sistêmico entre as diferentes manifestações do isomerismo, voltando-se ao ensino-aprendizagem nesse nível de escolaridade.</p>
<p>SITUAÇÃO DE ENSINO 28</p> <p>Produza um roteiro para uma vídeo-aula a ser utilizada em um curso de formação de professores de química a distância. O objetivo da aula será a apresentação de uma proposta em torno da formação da habilidade explicar as propriedades dos isômeros para estruturar a abordagem do conteúdo isomeria.</p>

Fonte: o próprio autor

O sistema de tarefas proposto procura contribuir para que os licenciandos se orientem sistematicamente nas condições de orientação e de explicação das manifestações do isomerismo, compreendendo a sua essência, e das propriedades por eles apresentadas. Além disso, ele pode possibilitar um processo formativo que auxilie a refletir sobre características inerentes a sua profissão.

Essas tarefas foram organizadas a partir dos indicadores qualitativos definidos nos objetivos. E, também, com base nesses indicadores que deve acontecer o controle do processo formativo, para o qual também se apresenta uma proposta, a título de hipótese, para ser utilizada na formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros.

7.3.4 O controle do processo de formação da habilidade

O controle do processo de formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros deve ser processual e sistemático. As qualidades das ações realizadas devem ser avaliadas de acordo com os indicadores qualitativos propostos.

No início da etapa motivacional sugere-se um controle preliminar, já discutido anteriormente, para avaliar o nível de partida do licenciando na atividade de assimilação. Nas demais etapas o controle da qualidade das ações desenvolvidas deve ser frequente. Desde o primeiro momento, os indicadores de qualidade devem ser oferecidos aos licenciandos. Com isso, espera-se possibilitar o seu funcionamento como auto-regulação da atividade prática, permitindo-lhes ajustar o trabalho sobre a base da reflexão e valorização crítica do resultado obtido em relação ao planejado.

Na etapa de construção da BOA, o controle deve ser direcionado à compreensão da orientação construída. Com base nas situações vivenciadas, inicialmente, cada licenciando realizará a confecção de uma BOA. Na resolução das situações problema das etapas de assimilação o controle será exercido de outra forma. Na etapa material/materializada, com apoio externo (fichas de estudo), os licenciandos trabalham em dupla. O trabalho dos licenciandos exigirá uma resposta escrita e a indicação oral, para um colega, dos passos tomados. A ênfase do controle da etapa material/materializada está nas operações utilizadas e não apenas nas respostas finais.

Na primeira etapa do plano da linguagem, linguagem verbal externa, o trabalho em duplas continua. Gravações de falas e registros escritos podem ser utilizadas para registro de dados. Na etapa de formação da ação no plano verbal interno, a solução das tarefas ocorrerá de forma independente e silenciosa. As respostas escritas devem ser corrigidas imediatamente pelo professor, para análises das identificações e explicações realizadas, verificando-se se os licenciandos estabelecem uma relação de causalidade entre os invariantes dos isômeros e seus efeitos, enquanto propriedades, como manifestações do isomerismo. Os licenciandos devem analisar os comentários, refletindo sobre as causas dos seus erros. Esse tipo de procedimento pode contribuir para motivá-los e auxiliá-los a também aprender com os resultados negativos. No quadro 52, sintetiza-se essa discussão, indicando-se uma possibilidade para os trabalhos dos licenciandos e do professor na realização e no controle do processo de formação da habilidade.

Quadro 52 - Sugestão para os trabalhos dos licenciandos e do professor na realização e no controle do processo de formação da habilidade

Etapa	Trabalho do licenciando		Trabalho do professor	
	Na realização da atividade	No controle da atividade	Na realização da atividade	No controle da atividade
Motivacional	Resolver situações problema do teste de diagnóstico inicial do grau da habilidade	-	Planejamento	Elaborando e corrigindo um teste para avaliar o grau de desenvolvimento dos conhecimentos e das habilidades.
	Em grupo, discutir sobre importância de aplicações relacionadas ao isomerismo e resolver situações problema.	Avaliando a adequação da invariante procedimental desenvolvida aos indicadores qualitativos propostos.		
Construção da BOA	Individualmente e em grupo, propor e discutir a BOA.		No papel de avaliador, apoiado no mapa da atividade, verificando e registrando quais as operações foram realizadas pelo colega.	Fonte de nova informação
Material ou materializada	Em dupla, no papel de executor - Resolver situações problema, com ajuda dos cartões de estudo. Escrever a resposta e falar para um colega a via de correção, indicando os procedimentos tomados.	Auto-avaliando as operações efetuadas, após a correção das tarefas pelo professor		Mecanismo regulador na direção da ação dos licenciandos, avaliando a necessidade de ajuda e prestando-lhes esse auxílio, quando necessário
Linguagem verbal para os outros	Em dupla, no papel de executor - Resolver situações problema, sem ajuda dos cartões de estudo. Escrever a resposta e argumentar sobre os passos tomados, junto ao colega		Sistemático, pelos resultados e, principalmente, pelas operações, de acordo com a estrutura das ações, em todas as tarefas que o licenciando resolver.	
Linguagem verbal para si	Resolver situações problema de modo independente. Indicar mentalmente (para si) os passos tomados e escrever a resposta.	Auto-avaliando as operações efetuadas, após a correção das tarefas pelo professor	Mecanismo regulador na direção da ação dos licenciandos, prestando-lhes auxílio quando solicitado	Pelos resultados de cada situação problema
Plano mental	Resolver situações problema de modo independente, escrevendo apenas as respostas.			Pelos resultados de cada situação problema

Fonte: o próprio autor

O controle deve estar presente em todas as etapas da apropriação da habilidade, para contribuir com a motivação, a retroalimentação e o reforço à aprendizagem. Esse tipo de procedimento auxilia a coletar informações para avaliar as ações executadas pelos licenciandos e também para a correção do próprio sistema. Terminada a etapa de aprendizagem, deve ser aplicado um novo teste diagnóstico, que servirá como controle final para avaliar a qualidade da assimilação, conforme proposto a seguir.

DIAGNÓSTICO FINAL DO GRAU DE DESENVOLVIMENTO DA HABILIDADE	
01	Atualmente, o $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ é uma das substâncias mais utilizadas no tratamento de diferentes tipos de câncer. No início das suas atividades no segmento médico-hospitalar, uma distribuidora de produtos químico-farmacêuticos encomendou a uma indústria um lote de diaminodicloroplatina(II). Porém, logo na primeira venda, o cliente recusou o material. O seu controle de qualidade verificou que, apesar de realmente se tratar da diaminodicloroplatina(II), a substância comprada é biologicamente inativa contra o câncer. Percebendo o equívoco a empresa renegociou a $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ correta. Identifique as duas substâncias comercializadas e proponha uma explicação para a diferença nas suas propriedades contra o câncer.
02	Um laboratório desenvolveu um solvente quirais para ser utilizado na análise de alguns fármacos. Caso seja realizado um teste de solubilidade nesse solvente com 20 substâncias de fórmula $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}$, quais delas serão dissolvidas?
03	Apenas um estereoisômero atua como atrativo sexual para uma determinada espécie de inseto. Proponha um modelo explicativo para esse tipo de diferença.

O controle final se propõe a diagnosticar o grau de desenvolvimento da habilidade formada segundo os indicadores qualitativos definidos nos objetivos. Com isso, é possível se projetar níveis de desenvolvimento da habilidade, conforme indicado no quadro 53.

Quadro 53 - Níveis de desenvolvimento da habilidade de identificar isômeros e explicar as suas propriedades

Indicadores	Nível dos conceitos/habilidades formados			
	N1 (Muito desenvolvido)	N2 (Desenvolvido)	N3 (Inicial)	N4 (Não desenvolvido)
Grau de generalização	Utiliza exitosamente os invariantes da habilidade aos casos possíveis da isomeria em compostos orgânicos, dentro do limite de aplicação, e explica as propriedades dos isômeros. Além disso, com sucesso, transfere os conhecimentos/procedimentos às tarefas que representem situações novas.	Utiliza exitosamente os invariantes da habilidade aos casos possíveis da isomeria e explica as propriedades dos isômeros, dentro do limite de aplicação aos compostos orgânicos	Não utiliza exitosamente os invariantes da habilidade aos casos possíveis da isomeria, restringindo a identificação a alguns casos de isômeros e explicação pouco estruturadas sobre as suas propriedades dos isômeros.	Não utiliza os invariantes da habilidade, mostrando-se incapazes de identificar isômeros e explicar as suas propriedades.
Grau de consciência	Utiliza argumentos consistentes nas suas ações para a solução correta da tarefa, manifestando a compreensão da atividade, tanto do ponto de vista conceitual quanto procedimental	Utiliza argumentos parcialmente consistentes nas suas ações para a solução correta da tarefa, manifestando a compreensão da atividade, tanto do ponto de vista conceitual quanto procedimental	Utiliza argumentos parcialmente consistentes e/ou consistentes e resolve as tarefas de modo parcial.	Não consegue solucionar as tarefas e utiliza argumentos que demonstram falta da compreensão da atividade, tanto do ponto de vista conceitual quanto procedimental.
Grau de independência	Resolve as tarefas corretamente dentro dos limites de generalização e em novas situações, de modo independente, sem nenhum tipo de apoio do professor, de outro colega ou de mapa da atividade.	Resolve as tarefas dentro dos limites de generalização, de modo independente, sem nenhum tipo de apoio do professor, de outro colega ou de mapa da atividade	Resolve as tarefas dentro dos limites de generalização, com um nível de ajuda.	Não resolve as tarefas dentro dos limites de generalização, nem com um nível de ajuda
Forma mental da ação	Demonstra, no plano mental, ter assimilado o invariante funcional da habilidade geral ao identificar isômeros e explicar as suas propriedades	Demonstra ter assimilado parcialmente o invariante funcional da habilidade geral ao identificar isômeros e explicar as suas propriedades	Demonstra ter assimilado o invariante funcional da habilidade geral apenas para a identificação de isômeros	Não demonstra ter assimilado o invariante funcional da habilidade geral para a identificação de isômeros ou para explicar as suas propriedades

Fonte: o próprio autor

O Sistema Didático proposto, com base na teoria de Galperin, aponta um caminho para a formação planejada da aprendizagem em isomeria. Inicialmente, o licenciando é orientado a encontrar a forma adequada da ação; depois a encontrar a forma material e verbal, até transformar, de modo consciente, essa ação de externa em interna. Cada uma dessas etapas corresponde ao que mais deve ser enfatizado pelo professor, de modo interfuncional, para possibilitar o processo de ensino-aprendizagem. O seu movimento se desloca de algo relacionado à experiência, à percepção, para proporcionar o desenvolvimento do pensamento teórico nos futuros professores, por meio de abstrações substantivas e generalizações sobre as ideias centrais do assunto ao longo da solução das situações de ensino. Portanto, o curso da interiorização, não é visto nem deve ser tratado como um procedimento algorítmico.

Esse ciclo cognoscitivo para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros deve se efetivar como uma gama de eventos interconectados para a formação do plano mental, por meio da resolução das situações de ensino desenvolvidas para essa finalidade. Além disso, é preciso se compreender e se atentar para o fato de que cada um desses momentos não é puro. Pode ser que um licenciando consiga incorporar os conteúdos da atividade no plano mental desde a etapa da base orientadora. Portanto, o transcurso da dinâmica das etapas considera a heterogeneidade dos sujeitos no processo de aprendizagem planejada, que depende tanto das experiências quanto das possibilidades, afetividade com o processo e estilos de cada um.

Acredita-se que o Sistema Didático proposto possa auxiliar a fornecer uma orientação para o domínio de procedimentos do pensamento que, pelo seu caráter generalizador, revele a essência dos tipos de isômeros mediante a aquisição de uma metodologia para analisar e resolver problemas teóricos e situações concretas. Desse modo, o processo de formação da habilidade visa o desenvolvimento produtivo de uma ferramenta cognitiva, de uma instrumentalidade, para lidar com a diversidade de tipos de isômeros e explicar as suas propriedades, compreendendo a formação inicial a partir das necessidades das práticas correntes no contexto de atividade profissional do professor de química. Em relação a tal aspecto, reforça-se que, apesar de ser o sujeito ativo do seu processo de aprendizagem, o licenciando precisa de uma orientação para direcionar os seus esforços para poder aprender e se desenvolver. Portanto, o sistema didático está planejado aos processos de aprendizagem conscientemente dirigidos pelo professor, concebendo-os como qualitativamente superiores aos processos espontâneos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aprendizagem dos licenciandos deve se basear em conteúdos significativos, que lhes possibilitem construir saberes e desenvolver atitudes e valores para a construção de uma identidade docente, face às necessidades, os motivos e as perspectivas para a apropriação da cultura profissional do ensino de química. Incorporando-se em atividades de aprendizagem dos licenciandos em química no conteúdo isomeria, dentro das disciplinas específicas ou naquelas vinculadas à didática da química/ciências naturais, esse Sistema Didático pode ser uma via para se trabalhar de forma dialética as relações entre a aprendizagem do conteúdo químico (sistema de conhecimentos e habilidades) e as estratégias sobre como ensinar esse conteúdo. Vivenciado nessa dimensão, ele pode se constituir em uma operacionalização teórico-metodológica sobre a formação de habilidades, constituindo-se também em uma oportunidade para os futuros professores pensarem o ensino de isomeria, de uma forma particular, e o ensino de química como um todo.

A utilização desse sistema didático pode ser efetivada por meio de posturas tensionadas, na perspectiva do desenvolvimento de atividades pedagógico-didáticas que questionem, recriem e/ou contestem a relação teoria-prática na formação de habilidades. Com isso, espera-se que essa proposta contribua para a produção de um significado para o licenciando, de modo que a sua aprendizagem se volte à perspectiva de aprender para ensinar, ou seja, para o seu futuro exercício profissional. Desse modo, na formação inicial do professor de química, o sistema didático desenhado se contrapõe à visão desprofissionalizante, muitas vezes desenvolvida no ensino-aprendizagem de conteúdos químicos, na qual a prática é exercitada de modo espontâneo, repetida sem questionamentos e/ou desvinculada do futuro exercício profissional.

O processo de ensino-aprendizagem em torno da formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros traz um exemplo de como a teoria e a prática podem ser imbricadas, dialeticamente, como faces indissociáveis do ato de aprender. Desse modo, em atividades didático-pedagógicas na formação dos licenciandos, ele surge como uma opção para estreitar os conhecimentos e práticas vivenciadas na instituição formadora com os saberes necessários aos professores no seu campo de atuação profissional. Entre tais saberes constituintes dessa base de conhecimentos, está o domínio pedagógico do conteúdo, que envolve uma série de características, como a reflexão-crítica, epistêmica. Com isso, em processos formativos com base no sistema didático proposto, pode-se confrontar esse sistema com outros posicionamentos presentes em instrumentos culturais que transversalizam o

processo ensino-aprendizagem e se firmam como dimensões interventivas do currículo e da prática pedagógica do professor de química, como os livros didáticos e as provas dos processos seletivos para ingresso nas universidades públicas.

O tipo de estruturação seguido nas fontes investigadas, por exemplo, restringe a compreensão da potencialidade de explicações químicas sobre as propriedades dos isômeros. Esses livros e provas valorizam mais as habilidades de reconhecer e de definir, em detrimento das habilidades cognitivo-linguísticas, como a habilidade de explicar. Ainda que não seja de modo intencional, tal posicionamento terminam se alinhando a posturas que tratam a internalização do conhecimento químico mediante uma apropriação passiva, como um aumento do repertório linguístico, com ênfase na memorização da definição de certos tipos de isômeros. Essa limitação é um dos resultados da preferência por uma abordagem desarticulada e linear em torno da isomeria. O isomerismo é reduzido a processos de ordem elementar, que se sucedem de forma retilínea, como uma acumulação quantitativa. Com isso, descaracteriza-se uma visão do caráter unitário, não se enfatizando nessas abordagens o entendimento de que os diferentes tipos de isômeros dependem de um todo do qual eles são parte. Esse tipo de desconsideração do processo histórico-epistemológico incide em problemas didáticos. No entanto, a estruturação proposta para o Sistema Didático neste estudo propôs outro caminho.

A organização do conteúdo isomeria foi realizada dentro do enfoque sistêmico funcional-estrutural, considerando-se as tipologias de isômeros não de uma forma isolada, mas em um sistema integral, com uma composição complexa, em relação ao todo. A estruturação reflete as relações internas entre os isômeros, os nexos que formam seu sistema, organizando os diferentes casos conjuntamente, como um sistema específico. A orientação se volta a mostrar a complexidade interna e o ordenamento em torno de um invariante, no qual podem ser agrupados os diferentes tipos de isômeros. Ela se converte no conteúdo geral da base orientadora da atividade. Nesse sentido, o conteúdo e os procedimentos tomados na formação da habilidade se orientam à aquisição de um sistema conhecimentos conceituais e procedimentais como produtos da atividade do futuro professor de química, de modo cognoscitivo e prático, seguindo as etapas propostas por Galperin.

A base orientadora da ação sugerida (do tipo III) para ser construída com os licenciandos apresenta uma composição completa e generalizada. Ela não deve ser planejada, nem deve ser tomada, como um guia para resolução de qualquer tipo de problema, mas sim para um conjunto de situações dentro dos limites de generalização proposto. Apesar disso, espera-se que o seu domínio também contribua para que os licenciandos transfiram a sua aplicação para outros conhecimentos.

A seleção do conteúdo isomeria não residiu em um grande volume de conhecimentos a serem incluídos no processo formativo. Ela procurou ressaltar a sua parte lógica, ou seja, no modo como esses conhecimentos se manifestam em relação ao isomerismo e nas formas em que a atividade teórica e prática se relacionam com esse conteúdo. Desse modo, o elemento novo possibilitado pela formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros não é a maior quantidade de conteúdos de posse do licenciando, mas essencialmente a qualidade que a aprendizagem de generalizações conceituais e dos procedimentos para as suas obtenções conferem ao pensamento. A apropriação da invariante de habilidade pode capacitar o futuro professor a combinar diferentes conceitos, construir modelos e mobilizá-los para compreender as propriedades dos isômeros, assim como para organizar e produzir novos conhecimentos.

A BOA é aplicável a um conjunto de manifestações do isomerismo e a uma determinada classe de tarefas. Segundo esse tipo de orientação, caso o sistema didático seja utilizado em um processo formativo, projeta-se que a habilidade de explicar as propriedades dos isômeros seja formada rapidamente e com poucos erros, caracterizando-se por sua estabilidade, alto nível de generalização e com uma maior transferência. Com a BOA proposta, o licenciando dispõe dos conhecimentos generalizados, nos quais se manifestam a essência dos conhecimentos em isomeria e do procedimento operacional para a execução correta da atividade (invariante de habilidade). Esse tipo de orientação implica em assimilar conhecimentos concretos sobre a base de esquemas gerais, permitindo aos licenciandos uma orientação na solução das tarefas, por meio das qualidades propostas para a orientação (indicadores qualitativos). Assim, em vez de priorizar a execução, ele prioriza a orientação.

O sistema didático busca transmitir a ideia de que a aprendizagem é uma atividade sistematizada, que exige intencionalidade e planejamento, portanto ela não acontece pelo convívio ou pela experiência imediata. Por isso, ele também está estruturado para que o professor auxilie o licenciando a se conscientizar de que ele é o sujeito da atividade. Nesse sentido, a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros se relaciona com as relações unitárias entre a teoria e a prática, e entre a consciência e os componentes da atividade (orientação, execução e controle). Sob a orientação do professor, a apropriação dos conhecimentos deve ser garantida junto com a assimilação de um sistema de ações, de um modo que o licenciando passe a ter consciência da estrutura/modelo da habilidade como forma de atividade. Um modelo que contribua para desenvolver uma forma de pensar quimicamente, desenvolvendo-lhe capacidades cognoscitivas. Além disso, que também possa trabalhar a consciência sobre um sistema de valores pessoais e coletivos.

O sistema de tarefas proposto permite que o licenciando realize determinadas ações com o conhecimento, ao longo das etapas do ciclo cognoscitivo proposto por Galperin. Contemplando situações didáticas relacionadas ao trabalho de professor de química, elas buscam contribuir para que as aprendizagens dos licenciandos se ativem frente a situações de ensino. Situações que criem motivos, necessidades, interesses sócio-afetivos em busca de novos recursos para o desenvolvimento de uma base de conhecimentos, associada às demandas do contexto da atividade profissional do professor de química. Ao resolverem essas situações, os licenciandos podem ir assimilando o sistema de conhecimentos, à medida que vão generalizando o conceito de isômeros e tomando consciência do modelo da habilidade ao aplicá-lo para explicar as propriedades de substâncias isoméricas. Ao final do ciclo cognoscitivo, seguindo a concepção galperiana, em cada imagem, em cada palavra, passa-se a ocultar uma ação mental generalizada, abreviada e automatizada. Desse modo, a aprendizagem não se encerra na elaboração linguística do conceito, mas na possibilidade do licenciando agir mentalmente com ele, indicando que houve internalização, conscientização e operacionalização do conteúdo aprendido. Assim, associando-se a resolução de problemas ao processo de formação da habilidade, na forma de situações de ensino, destaca-se a estreita relação entre a aquisição de conhecimentos e a formação do sistema de ações mentais para tratar a aprendizagem como o conhecimento em ação.

Os professores estabelecem relações com os saberes que ensinam, desde as experiências anteriores à atividade profissional. Por isso, é importante que o sistema didático proposto seja investigado em atividades da formação inicial dos professores de química. Tal aspecto se constituiu em uma das limitações deste estudo. Ao registrar tal ponderação, destaca-se que esta tese não tem a pretensão, por seus próprios limites, de esgotar a questão do ensino de isomeria e da formação de habilidades no ensino de química.

O planejamento proposto é um modelo didático para um possível ensino-aprendizagem de isomeria, com coerência teórico-metodológica entre a formação de conceitos e habilidades, visando a direção científica da aprendizagem e a redução da espontaneidade do processo de ensino. Apesar de estar cientificamente planejado em correspondência com as exigências histórico-concretas, ele não é tomado como um padrão para diferentes contextos. Além disso, os resultados obtidos para a sua estruturação e o seu próprio formato também revelam preocupações com o ensino de química e destacam aspectos para, quem sabe, provocar a inquietação geradora de buscas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Rozana Gomes; GOMES, Maria Margarida; LOPES, Alice Casimiro. Contextualização e tecnologias em livros didáticos de biologia e química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 405-417, 2005.
- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio. Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 21-46, 2009.
- AFANASIEV, Vitor. **Fundamentos de filosofia**. Editora Civilização Brasileira: Rio de Janeiro, 1968.
- ALMEIDA, Sandro Henrique V. **Psicologia Histórico-Cultural da memória**. Tese (Doutorado em Educação). 2008. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC/SP; São Paulo.
- ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos. **La escuela em La vida**. Sucre, Bolívia: Imprenta, Universitária, 1994.
- ARAÚJO NETO, Wladimir Nascimento. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 7, p. 13-24, 2007.
- ANDRÉIEV, Ígor. **Problemas lógicos del conocimiento científico**. Moscou: Editorial Progreso, 1984.
- ARIEVITCH, Igor M. A potential for an integrated view of development and learning: Galperin's contribution to sociocultural psychology. **Mind, Culture & Activity**, v. 10, n. 4, p. 278-288, 2003.
- ARIEVITCH, Igor M.; HAENEN, Jacques P. P. Connecting Sociocultural Theory and Educational Practice: Galperin's Approach. **Educational Psychologist**, v. 40, n. 3, p. 155–165, 2005.
- ARRUDA, José Ricardo Campelo. Un Modelo Didactico para Enseñanza Aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, 2003.
- ASIMOV, Isaac Asimov. **Breve historia de la química**. Introducción a las ideas y conceptos de la química. Ed. cast.: Alianza Editorial, S. A., Madrid. 2003.
- AYMERICH, Mercè Izquierdo. Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. **The Journal of the Argentine Chemical Society**, v. 4, n. 6, p. 115-136, 2004.
- BACALLAO CABRERA, Iris *et al.* Desarrollo de las habilidades intelectuales en las ciencias morfológicas. **Revista Archivo Médico de Camagüey**, v. 11, n. 2, 2007.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002.

BARTA, Nancy. S.; STILLE, John .R. Grasping the concepts of stereochemistry. **Journal of Chemical Education**, n. 71, p. 20-23, 1994.

BENITE, Anna Maria Canavarro. Considerações sobre o enfoque epistemológico do materialismo histórico-dialético na pesquisa educacional. **Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação**, v. 50, p. 4-25, 2009.

BERMÚDEZ, R.; RODRÍGUEZ, M. **Teoría y metodología del aprendizaje**. La Habana: Pueblo y Educación, 1996.

BERZELIUS, Jöns-Jakob. On the Composition of Tartaric Acid and Racemic Acid (John's Acid from the Vosges Mountains), on the Atomic Weight of Lead Oxide, together with General Remarks on those Substances with have the Same Composition but Different Properties. **Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie**, v. 19, 1830.

BOHOSLAVSKY, Rodolfo., Psicopatología del vínculo profesor-alumno: el profesor como agente socializante. **Revista de Ciencias de la Educación**, v. 6, p. 53-87, 1975.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros curriculares Nacionais (Ensino Médio):** linguagens, códigos e suas tecnológicas. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2000.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Volume 2. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BREWER, William F.; CHINN, Clark A.; SAMARAPUNGAVAN, Ala. Explanation in scientists and children. **Minds and Machines**, v. 8, n. 1, p. 119-136, 1998.

BOLÍVAR, A.; Bolívar-Ruano, M.R. El profesorado de enseñanza media: formación inicial pedagógica e identidad profesional. **Ensino Em Re-Vista**, v. 19, n. 1, p. 19-33, 2012.

BUTLEROV, Alexander. M. On the Chemical Structure of Substances, **Journal of Chemical Education**, v. 48, n. 5, p. 289-291, 1971.

BYKOV, G. V. The Origin of the Theory of Chemical Structure. **Journal of Chemical Education**, v. 39, n. 5, p. 220 – 224, 1962.

BYTAUTAS, Laimutis; KLEIN, Douglas J.; SCHMALZ, Thomas. G. All acyclic hydrocarbons: Formula periodic table and property overlap plots via chemical combinatorics. **New. J. Chem.**, v. 24, p. 329-336, 2000.

CAMEL, Tânia de Oliveira; KOEHLER Carlos B. G.; FILGUEIRAS Carlos A. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009.

CAREY, Francis. **Organic Chemistry**. New York: McGraw-Hill. 2011.

CARRASCOSA, J.; TORREGROSA, J.; FURIÓ, C. ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? **Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.** v. 5, n. 2, p. 118-133, 2008.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; PEREZ, Daniel Gil. **O saber e o saber fazer do professor**. São Paulo: Editora Pioneira. 2001.

CHÁVEZ, Justo. **Acercamiento Necesario a la Pedagogía General**. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 2005.

CHRISTIE, George Hallatt; KENNER, James). LXXI. The molecular configurations of polynuclear aromatic compounds. Part I. The resolution of 6:6'-dinitro- and 4:6:4':6'-tetranitro-diphenic acids into optically active components. **Journal of the Chemical Society, Transactions**, v. 121, p. 614-620, 1922.

CINTAS, Pedro. Chirality and Chemical Processes: A Few Afterthoughts. **Chirality**. v. 20, p. 2-4, 2008.

CONCARI, Sonia Beatriz. Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 85-94, 2001.

COELHO, Fernando A.S. Fármacos e Quiralidade. **Química Nova na Escola. Cadernos Temáticos**. v. 3, p. 23-32, 2000.

COOKE, Helen. A historical study of structures for communication of organic chemistry information prior to 1950. **Org. Biomol. Chem.**, v. 2, p. 3179-3191, 2004.

CORREIA, Paulo R.M.; DONNER JR, John W.A.; INFANTE-MALACHIAS, Maria Elena. Mapeamento conceitual como estratégia para romper fronteiras disciplinares: a isomeria nos sistemas biológicos. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 483-95, 2008.

DALYAEVA, S.A.; RESHETOVA, Z.A. Problemas de la unidad de los conocimientos fundamentales y profesionales y la estructura de una asignatura en el CES. In: RESHETOVA, Z.A. **Análisis sistémico aplicado a la Educación Superior**. La Habana: CEPES, 1989.

DOBROWOLSKI, Jan Cz. Classification of Topological Isomers: Knots, Links, Rotaxanes, etc. **Croatica Chemic Acta**, v. 76, n. 2, p. 145-152, 2003.

DAVIDOV, Vasili V. El aporte de A. N. Leontiev al desarrollo de la psicología. In: GOLDBER, Mário (org.). **Angustia por la utopía**. Buenos Aires: Ateneo Vigotskiano de la Argentina, p.51-60, 2002.

_____. **La Enseñanza escolar y el desarrollo psíquico**. Moscú: Editorial Progreso, 1988.

_____. Los problemas fundamentales del desarrollo del pensamiento en el pensamiento en el proceso de enseñanza. In: ILIASOV, Leonid; LIAUDIS, Valentina Yakoleva.

Antologia de la Psicología Pedagógica y de las Edades. Habana: Pueblo y Educación, 1986. p.234-238.

_____. **Tipos de generalización em la enseñanza.** 2. ed. Havana: Editorial Pueblo y Educación, 1983.

DIAS, Márcia Adelino Silva; NÚÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betania Leite. Os saberes escolares e a formação de competências no ensino médio. *In:* NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. (Org.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio.** Porto Alegre: Sulina, 2004.

DUARTE, Newton. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de AN Leontiev. **Cadernos Cedes**, v. 24, n. 62, p.44-63, 2004.

_____. A teoria da atividade como uma abordagem para a pesquisa em educação. **Perspectiva**, v. 21, n. 2, p. 229-301, 2003.

EDER, María Laura; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximaciones epistemológica y didáctica. **Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)**, v. 4, n. 2, p. 101-133, 2008.

ELIEL, Ernest L.; WILEN, Samuel H. **Stereochemistry of Organic Compounds.** John Wiley & sons, Inc., New York, 1994.

ENGELS, Friedrich. **A dialética da natureza.** 5ª ed., Rio de Janeiro, Ed. Paz e Terra, 1991.

ESTEBAN, Soledad. Liebig–Wöhler Controversy and the Concept of Isomerism. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 9, p. 1201-1203, 2008.

FELDMAN, D. **Ajudar a ensinar – relações entre didática e ensino.** Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

FENSHAM, P J. Implications, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 335-339, 2002.

FILGUEIRAS, Carlos Alberto L. Havia Alguma Ciência no Brasil Setecentista? **Química Nova**, v. 21, n. 3, p. 351-353, 1998.

FIORENTINI, D.; SOUZA, A.J.; MELO, G.F.A. Saberes docentes: um desafio para acadêmicos e práticos. *In:* GERALDI; C.M.G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E.M. A. (org.). **Cartografias do trabalho docente: professor(a)-pesquisador(a).** Campinas: Mercado de Letras/ALB, 1998. p.307-335.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos.** Campinas: Autores Associados, 2006.

FIRME, Ruth do Nascimento *et al.* Validação de sequências didáticas: uma abordagem CTS no ensino da química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 2881-2886, 2009.

FRAGA, Carlos Alberto Manssour *et al.* Atropoisomerismo: o efeito da quiralidade axial em substâncias bioativas. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 125-135, 2007.

FREITAG, Bárbara; COSTA, Wanderley Ferreira da; MOTA, Valéria Rodrigues. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1989.

FRIGOTTO, Gaudêncio. O enfoque da dialética materialista histórica na pesquisa educacional. *In*: FAZENDA, Ivani C.A. (Org.) **Metodologia da pesquisa educacional**. São Paulo: Cortez. 1997.

FUJITA, Shinsaku. Integrated discussion on stereogenicity and chirality for restructuring stereochemistry. **Journal of Mathematical Chemistry**. v. 35, n. 3, p. 265-287, 2004.

GALPERIN, Piotr Yakovlevich. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de los conceptos. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001a. p. 27-39.

_____. Tipos de orientación y tipos de formación de las acciones y de los conceptos. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001b. p. 41-56.

_____. Sobre la formación de los conceptos y de las acciones mentales. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001c. p. 45-56.

_____. La dirección del proceso de aprendizaje. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001f. p. 85-100.

_____. Acerca del lenguaje interno. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001d. p.57-65.

_____. Acerca de la investigación del desarrollo intelectual en niño. *In*: ROJAS, Luis Quintanar (Compilador). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001e. p. 67-84.

_____. **Sobre o método de formação por etapas de las acciones intelectuales**. *In*: La antología de la psicología pedagógica y de las edades. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986.

_____. **Introducción a la psicología**: um enfoque dialéctico. Madrid: Plablo de Rio, 1979.

GARCÍA ARQUES, José Joaquín.; PRO BUENO, Antonio José de; SAURA LLAMAS, Octavio. Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2. p. 211-226, 1995.

GARCÍA FRANCO, Alejandra; GARRITZ, Andoni. Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el Bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 111-124, 2006.

GARRITZ, Andoni; TRINIDAD-VELASCO, Rufino. El conocimiento pedagógico del contenido. **Educación Química**, v. 15, n. 2, p. 1-6, 2004.

GATTI, Bernardete A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

_____. Formação de Professores: Condições e problemas atuais. **Revista Brasileira de Formação de Professores**, v. 1, n. 1, p. 90-102, 2009.

GAUTHIER, C. *et al.* **Por uma teoria da pedagogia**: Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Rio Grande do Sul: Unijuí. 1998.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, John K. *et al.*. Securing a future for chemical education. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 1, p. 5-14, 2004.

GIRELLI, Marina *et al.* Habilidades de pensamiento crítico y superior desarrolladas por un grupo de alumnos de carreras de Física universitaria. Resultados de entrevistas realizadas a sus docentes. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 4, n. 1, p. 194-199, 2010.

GOLDBERG, Maria Amélia. **Por uma Política do Livro Escolar Integrada à Educação Democrática**. São Paulo, Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE), 1983.

GONZÁLEZ, Juan Jesús López; MORENO, Juan Ramón Avilés; UREÑA, Francisco Partal. Conformational preference of a chiral terpene: vibrational circular dichroism (VCD), infrared and Raman study of *S*-(-)-limonene oxide. **Phys. Chem. Chem. Phys.**, v. 11, p. 2459-2467, 2009.

GOULART SANT'ANA, A.E.G. *et al.* Aspectos práticos relacionados ao uso do rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência no campo. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2002.

HJELT, Edvard Immanuel. Geschichte der organischen Chemie von ältester Zeit bis zur Gegenwart; Vieweg: Braunschweig, 1916. *In*: VUCINICH, Alexandr. **Science in Russian Culture**, p. 1861-1917. Stanford, CA: Stanford University Press, 1970.

HERNÁNDEZ, Alba Rocío Gómez. La clasificación de los isómeros em libros de texto universitarios: un problema de orden histórico epistemológico. **Tecné, Episteme y Didaxis**, No. Extraordinario, 4º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 2009.

IHDE, Aaron John. **Development of Modern Chemistry**. New York: Dover Publications. 1984.

ILYENKOV, Evald Vasilyevich. **Lógica dialéctica**. Ensayos sobre historia e teoría. 2. ed. La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 1978.

IMAMURA, Paulo Mitsuo; BAPTISTELLA, Lúcia Helena Brito. Nitração do fenol, um método em escala semi-micro para disciplina prática de 4 horas, **Química Nova**, v.23, n.2, 270-272, 2000.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997.

JENSEN, Willian B. Logic, History and the Chemistry Textbook. Part I, Does Chemistry Have a Logical Structure. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 679-687, 1998.

JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705. 1993.

_____. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 5-83, 1991.

KNOCHE, Beate; BLASCHKE, Gottfried. Stereoselectivity of the in vitro metabolism of thalidomide. **Chirality**, v. 6, n. 4, p. 221-224, 1994.

KOLBE, Hermann. Die Lagerung der Atome im Raume. **Journal für praktische Chemie**. v. 2, n. 15, p. 473, 1877.

KONOVALOV, Alexander Ivanovitch. The Butlerov Theory of Chemical Structure of Organic Compounds. **Report on the International Congress of Organic Chemistry**. Kazan: Rússia. 2011.

KOPNIN, Pável V. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

KOSTYANOVSKY, Remir G. Impossible things in stereochemistry. **Mendeleev Communications**, v. 14, n. 6, p. 229-230, 2004.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

KOZMA, Robert. Reflections on the state of educational technology research and development. **Educational Technology Research and Development**, v. 48, n. 1, p. 5-15, 2000.

KURBANOGLU, N. Izzet; TASKESENLIGIL, Yavuz; SOZBILIR, Mustafa. Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 1, p. 13-21, 2006.

LABINGER, Jay A.; WEININGER, Steve J. Controversy in Chemistry: What Counts as Evidence? - Two Studies in Molecular Structure. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 43, n. 20, p. 2612-2619, 2004.

LARDER, David F.; KLUGE, Frank F. Alexandr Mikhailovich Butlerov's theory of chemical structure. **Journal of Chemical Education**, v. 48, n. 5, p. 287, 1971.

LEE, John David. **Química inorgânica não tão concisa**, tradução da 4 ed. inglesa, Edgard Blucher Ltda, 1996.

LEICESTER, Henry Marshall. **The Historical Background of Chemistry**. Dover Publications Inc.: Nova Iorque, 1971.

LEINHARDT, G. Expertise in instructional leasson: an example from fractions. *In*: GROUWS, D. A.; COONEY, T. S.; JONES, D. (Ed.). **Perspectives on research on effective mathematics teaching**. [S.l.]: [S.n.], 1988. p. 47-66

LEMKE, Jay L. **Aprender a Hablar Ciência**: language, aprendizaje y valores. Madrid: Editora Paidós, 1997.

LEÓN, Gloria Fariñas. El lecho de Procusto o la convención sobre la competencia humana. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, v. 15, n. 2, p. 341-350, 2011.

_____. Hacia un redescubrimiento de la teoría del aprendizaje. **Revista Cubana de Psicología**, v. 16, n. 3, 1999.

_____. La organización temporal de la vida en jóvenes cubanos. **Educación y Ciencia**, v. 16, n. 3, 1984.

LEONTIEV Alexis N.. **Actividad, conciencia, personalidad**. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1993.

_____. **O desenvolvimento do psiquismo**. São Paulo: Moraes, 1985.

_____. **O desenvolvimento do psiquismo**. São Paulo: Moraes, 1964.

LEWIS, David E. Aleksandr Mikhailovich Zaitsev: Markovnikov's Conservative Contemporary. **Bull. Hist. Chem.** v. 17, n. 18, p. 21-30, 1995.

LIBÂNEO, José Carlos. Alguns aspectos da política educacional do governo Lula e sua repercussão no funcionamento das escolas. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n. 32, p. 168-178, 2008.

_____. O essencial da didática e o trabalho de professor – em busca de novos caminhos. Goiânia: Universidade Católica de Goiás. 2006.

_____. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Rev. Bras. Educ.**, Rio de Janeiro, n. 27, 2004a.

_____. A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade. **Educar**, v. 24, p. 113-147, 2004b.

_____. El aprendizaje escolar y la formación de profesores en las perspectivas de la psicología histórica-cultural y de la teoría de la actividad. **Revista Pensamiento Educativo**, v. 35, p. 49-77, 2004c.

_____. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: Davidov ea teoria histórico-cultural da atividade. **Anais da Reunião Anual da ANPEd**, v. 26, 2003.

LIMA, Analice A.; NÚÑEZ, Isauro. B. Reflexões acerca da natureza do conhecimento químico: uma investigação na formação inicial de professores de química. **Revista Brasileira em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 209-229, 2011.

LIRA, Mirtes Ribeiro **A explicação na prática discursiva-pedagógica no ensino de Ciências Naturais**. 2010. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LISBOA, Júlio Cezar F. (Org.) **Ser protagonista: Química**. 1ed. v. 3. São Paulo: SM, 2010.

LOPES, Alice Casimiro. Discursos curriculares na disciplina escolar química. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 263-278, 2005.

LUJÁN-UPTON, Hannia. Introducing Stereochemistry to Non-science Majors. **Journal of Chemical Education**, v. 78, p. 475, 2001.

MACEDO, M. S. A. N.; MORTIMER, E. F.; GREEN, Judith L. A Constituição das interações em sala de aula e o uso do livro didático: análise de uma prática de letramento no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, p. 18-29, 2004.

MALACARNE V. **Os professores de química, física e biologia da Região Oeste do Paraná: formação e atuação**. 2007. 253p. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo.

MALDANER, Otávio Aloisio. **A formação inicial e continuada de professores de química: professor/pesquisador**. 4. ed. – Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

_____. **A formação inicial e continuada de professores de Química: professores/pesquisadores**. Editora Unijuí, 2000.

_____. **A pesquisa como perspectiva** de formação continuada de professores de Química. **Química Nova**, v. 22, p. 289-292, 1999.

MALDANER, O. A.; PIEDADE, M. C. T. Repensando a química. **Química Nova na Escola**, v. 1, p. 15-19, 1995.

MANCHEGO, Omar León; TORRES, Luis Enrique Salcedo. El problema de la desarticulación de conocimiento en la formación inicial de profesores de Química. **Pedagogía y Saberes**, n. 31, 2009.

MANZANO, Ramón Cid. El Congreso de Karlsruhe: paso definitivo hacia la química moderna, **Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.**, v. 6, n. 3, p. 396-407, 2009.

MARCELINO-JR, C.A.C.; CAMPOS, A.F. A abordagem do conceito de isômeros constitucionais: um olhar para a transposição didática em livros de Química. *In*: 19º Encontro de Pesquisa Educacional do Norte e Nordeste. Anais. João Pessoa: Paraíba, 2009.

MARCELINO-JR, Cristiano de A.C. *et al.* O conhecimento pedagógico do conteúdo isomeria em professores de química do ensino médio. *In: IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade*, Aracajú, Sergipe. 2010

MARCELO, Carlos. A identidade docente: constantes e desafios. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação Docente**. v. 1, n. 1, p. 109-131, ago./dez. 2009.

_____. A formação de professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor. *In: Nóvoa, N. (Ed.): Os professores e sua formação*, pp. 51-76. Lisboa: D. Quixote. 1992.

MARTINS, Isabel; OGBORN, Jon; KRESS, Gunther. Explicando uma explicação. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 1999.

MARX, Karl. **Diferencia de la filosofía de la naturaleza en Demócrito y en Epicuro**. Madrid: Ayuso, 1971.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **A Ideologia Alemã**. Tradução de Luiz Cláudio de Castro e Costa. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

MATTOS, Cristiano R. O ABC da Ciência. *In: GARCIA, Nilson Marcos Dias; HIGA, Ivanilda; ZIMMERMANN, Erika; SILVA, Cibelle Celestino; MARTINS, André Ferrer Pinto. (Org.). A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias*. 1 ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 141-156.

MCMURRY, John. **Química Orgânica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2007.

ILIÁSOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. **Antología de la psicología pedagógica y de las edades**. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1986.

MISLOW, Kurt. **Introduction to stereochemistry**. Mineola, New York: Dover Publications, 2002.

_____. Stereochemical terminology and its discontents. **Chirality**. v. 14, n. 2-3, p. 126-134, 2002.

MOLINA, Olga. **Quem engana quem?** Professores versus livro didático. Campinas: Papirus, 1988.

MORA, Willian Manuel; PARGA, Diana Lineth. El Conocimiento Didáctico del Contenido en Química: De las Tramas Histórico/Epistemológicas a las Tramas de Contexto/Aprendizaje. **Tecnè, Episteme y Didaxis. TED**, n. 24, p. 54, 2008.

_____. Tramas histórico–epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica. **Tecnè, Episteme y Didaxis**, v. 21, p. 100-118. 2007.

_____. De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. **Educación y Pedagogía**, v. 43, n. 17, p. 164-175, 2005.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2000.

MORTIMER, Eduardo Fleury; SANTOS, Wildson LP dos. Políticas e Práticas de livros didáticos de Química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. *In*: ROSA, Maria Inês P.; ROSSI, Adriana V. **Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências**. Campinas: Editora Átomo, 2008.

MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 3, p. 283-306, 2002.

MOYA, Aida; CAMPANARIO, Juan Miguel. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 17, n. 2, p. 179-192, 1999.

NEVES, Luiz Seixas *et al.* O conhecimento pedagógico do conteúdo: Lei e Tabela Periódica. Uma reflexão para a formação do licenciado em Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, p. 85-96, 2001.

NUÑEZ, Isauro Beltrán. **Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos**. Brasília: Líber Livro, 2009. 216 p.

_____. La formación de habilidades en Química General en la perspectiva de la teoría de P. Ya Galperin como actividade de construcción de conocimientos. **Química Nova**, v. 22, p. 429-434, 1999.

_____. **Sistema didático para la enseñanza de la Química General**. 1992. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de La Havana: Ciudad de la Habana.

NUÑEZ, Isauro Beltrán; PACHECO, Otamara G. **La formación de conceptos científicos: Una perspectiva desde de la Teoría de la Actividad**. Natal: EDUFRRN, 1997.

_____. La estructuración de contenidos de la disciplina química general propuesta. **Química Nova**, v. 19, n. 5, p. 558-562, 1996a.

_____. Los objetivos de la química general: Definición a partir del método teórico. **Química Nova**, n. 16, v. 6, p. 671-674, 1996b.

_____. Formación de la habilidad de explicar propiedades de las sustancias. **Química Nova**, v. 19, n. 5, p. 675-680, 1996c.

NUÑEZ, Isauro Beltrán. RAMALHO, Betania Leite. Desarrollo de una unidad didáctica na formação de habilidades: Contribuciones de la teoría de P. Ya. Galperin. *In*: SILVA, M.G; MOHR, A; ARAÚJO, M.F.F. **Temas de ensino e formação de professores de ciências**. Natal: EDUFRRN. 2013.

_____. **As provas de Química e de Biologia do Vestibular da UFRN: estudo de erros e dificuldades de aprendizagem**. Natal: EDUFRRN, 2012.

_____. A formação continuada dos professores que ensinam ciencias naturais: pressupostos e estratégias. *In: JÓFILI, Zélia; ALMEIDA Argus Vasconcelos de (Orgs.). Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam.* Recife: Editora da UFRPE. 2009. p. 207-231

_____. A profissionalização da docência: um olhar a partir das representação de professoras do ensino fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación (Online)**, p. 1-15, 2008.

_____. A pesquisa como recurso da formação e da construção de uma nova identidade docente: notas para uma discussão inicial. **Eccos: Revista Científica**, v. 7, n. 1, p. 87-111, 2005.

_____. Estudo da determinação das necessidades de professores: o caso do Novo Ensino Médio no Brasil. Elemento norteador do processo formativo (inicial/continuado). **Revista Iberoamericana de Educación**, Madri, 2003.

_____. Estudo das necessidades de professores: o caso do novo ensino medio no Brasil - Elemento norteador do processo formativo (inicial-continuado). **Revista Iberoamericana de Educación (Online)**, p. 1-18, 2002.

_____. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio.** Porto Alegre: Sulina, 2004.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; SILVA, Márcia Gorette Lima. **Descrevendo e explicando processos e fenômenos na aprendizagem de Química.** Programa Universidade a Distância. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal. 2008.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; OLIVEIRA, Marcus Vinícius de Faria. P. YA. GALPERIN: a vida e a obra do criador da Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos. *In: Andréa Maturano Longarezi; Roberto Valdés Puentes. (Org.). Ensino Desenvolvidor: vida, pensamento e obras dos principais representantes russos.* 1ed. Uberlândia: EDUFU, 2012, v. 1, p. 30-45.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betânia Leite; UEHARA, Fabia Maria Gomes. As Teorias Implícitas sobre a aprendizagem de professores que ensinam Ciências Naturais e futuros professores em formação: a formação faz diferença? **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 3, p. 39-61, 2009.

NYE, Mary Jo. *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry – Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines, 1800-1950.* Berkeley: University of California Press. 1993.
OGBORN, Jon *et al.* **Explaining science in the classroom.** Buckingham: Open University Press, 1997.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva; BATISTA, Alzir Azevedo; QUEIROZ, Salette Linhares. Escrita científica de alunos de graduação em química: análise de relatórios de laboratório. **Quim. Nova**, v. 33, n. 9, p. 1980-1986, 2010.

OLIVEIRA, João Batista Araújo; GUIMARÃES, Sonia Dantas Pinto. **A Política do Livro Didático.** Campinas: Editora da UNICAMP/Summus editorial, 1984.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Vozes, 2007.

OKI, Maria Cristina M. O Congresso de Karlsruhe e a Busca de Consenso Sobre a Realidade Atômica no século XIX. **Química Nova na Escola**, v. 26, p. 24-28, 2007.

ORTIZ TORRES, Emilio. La Psicodidáctica y el uso de las contradicciones dialécticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 50, p. 1-25, 2009.

PEREIRA, Júlio Emílio Diniz. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder**. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

PERUZZO, Francisco M.; CANTO, Eduardo L. **Química na abordagem do cotidiano**. v.3.4ed. São Paulo: Moderna, 2010.

PERNAMBUCO. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco**. Parâmetros Curriculares de Química. Ensino Médio. Recife: Secretaria de Educação/UDIME-PE. 2013.

PETROVSKI, Artur V. **Dicionário psicológico breve**. Moscou: Politis, 1985.

_____. **Psicología general**. Manual didáctico para los institutos de pedagogía. Moscú: Editorial Progreso, 1980.

PETROVSKY, Artur V. **Psicología General**. La Habana: Pueblo y Educación, 1981.

PINHEIRO, Sergio; FERREIRA, Vítor F. Abordagens em síntese assimétrica. **Quím. Nova**, v. 21, n. 3, p. 312-318, 1998.

PODOLSKIJ, Andrei I. On scientific status and practical significance of one psychological theory. **Psychology in Russia: State of the Art**, v. 2, p. 187-209, 2009.

PORLÁN, Rafael; RIVERO, Ana.; MARTÍN, Rosa. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, v. 16, n. 2, p. 271-289.1998.

_____. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 155-172, 1997.

PORLÁN, Rafael; POZO, Juan Ignacio; MARTÍN, Rosa. Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. **Alambique**, v. 8, p. 23-32, 1996.

POZO, Juan Ignacio. ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos?. El caso de las Ciencias de la Tierra. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 8, n. 1, p. 13-19, 2000.

POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ-CRESPO, Miguel Ángel. **Aprender y enseñar ciencias**. Madrid: Ediciones Morata, 1998.

PRESTES, Zoia Ribeiro. **Quando não é quase a mesma coisa**: traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil. Campinas: Autores Associados: 2012.

PRO BUENO, A. de. Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. Enseñanza de las Ciencias. **Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 17, n. 3, p. 411-429, 1999.

QIAN, Zhang. Using contemporary teaching and learning strategies in Organic Chemistry teaching. **The China Papers**, 39-43, 2004.

QUEIROZ, Salete Linhares; BATISTA, Alzir Azevedo. Isomerismo cis-trans: de Werner aos nossos dias. **Química Nova**, v. 21, n. 2, p. 193-201, 1998.

RAMALHO, B. L.; NUÑEZ, I. B.; GAUTHIER, C. **Formar o Professor Profissionalizar o Ensino**: perspectivas e desafios. 2. ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 2003.

RAMALHO, Betania Leite; NÚÑEZ, Isauro Beltrán. Diagnóstico das necessidades formativas de professores do ensino médio no contexto das reformas curriculares. **Revista Educação em Questão**, v. 40, n. 26, 2011.

RAMBERG, Peter J. Paper tools and fictional worlds: Prediction, synthesis and auxiliary hypotheses in chemistry. *In: Tools and Modes of Representation in the Laboratory Sciences*. Springer Netherlands, 2001. p. 61-78.

RESHETOVA, Z. A. Realización de los principios del enfoque sistémico em las asignaturas. *In: _____*. **Análisis sistémico aplicado a la educación superior**. Selección de Lecturas. Habana: Editado por CEPES, 1988. p. 39-67

REZENDE, Alexandre; VALDES, Hiram. Galperin: implicações educacionais da teoria de formação das ações mentais por estágios. **Educ. Soc.**, v. 27, n. 97, p. 1205-1232, 2006.

RIBEIRO, Raimunda. P. **O processo de aprendizagem de professores do ensino fundamental**: apropriação da habilidade de planejar situações de ensino de conceitos. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

RIBEIRO, Raimunda. P.; NÚÑEZ, Isauro Beltrán. O desenvolvimento dos procedimentos do pensamento lógico: comparação, identificação e classificação. **Educação em Questão**. v. 7, p. 1- 2, 1997.

RICARDO, Elio Carlos; ZYLBERSZTAJN, Arden. Os Parâmetros Curriculares Nacionais na formação inicial dos professores das Ciências da Natureza e Matemática do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 339-355. 2007.

RICHAUDEAU, François. **Conception et production des manuels scolaires: guide pratique**. Paris: UNESCO, 1979.

ROCKE, Alan J. **The Quiet Revolution**: Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry. Berkeley: University of California Press, 1993.

_____. *Chemical Atomism in the Nineteenth Century*: from Dalton to Cannizzaro. Columbus Ohio State University Press, 1984.

RODRIGUES, José Augusto R. Recomendações da IUPAC para nomenclatura de moléculas orgânicas. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 22-28, 2001.

RODRIGUES, André; MATTOS, Cristiano R. Contexto, negociación y actividad en una clase de física. **Enseñanza de las ciencias**, v. 29, n. 2, p. 263-274, 2011.

_____. Towards understanding conceptual formation in science education. **Cultural-Historical Psychology**, n. 4, p. 47-53, 2010.

ROJAS ARCE, Carlos; GARCÍA LEYVA, Librada; ÁLVAREZ DÍAZ; Alfredo. **Metodología de la enseñanza de la química**. La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1990.

SANMARTI, Neus. El diseño de Unidades Didácticos. In: PALACIOS, Perales; CAÑAL DE LEÓN, Pedro (Orgs). **Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Madrid: Editorial Marfil S. SA, 2000. p. 239-266.

SANTOS, Anderson Rouge dos *et al.* Atropoisomerismo: o efeito da quiralidade axial em substâncias bioativas. **Quím. Nova**, v. 30, n. 1, p. 125-135, 2007.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12 n. 36, p. 474-450, 2007.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia Histórico Crítica**: Primeiras Aproximações. Campinas: Autores Associados, 6^a ed. 1997.

SCHIMDT, Hans-Jürgen. Conceptual difficulties with isomerism. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 9, p. 995-1003. 1992.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25. Supl. 1, p. 14-24, 2002.

SCHUMMER, Joachim. The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach, **HYLE**: International Journal for Philosophy of Chemistry, v. 4, p. 129-162, 1998.

SEGURA SUÁREZ, M. E. *et al.* **Teoría psicológicas y su influencia en la educación**. Editorial Pueblo y Educación. 2005.

SHULMAN, Lee. Renewing the Pedagogy of Teacher Education: The Impact of Subject Specific Conceptions of Teaching. **Paper presented at the Simposium sobre Didácticas Específicas en la Formación de Profesores**, Santiago de Compostela: Espanha. 1992.

_____. Paradigmas y programas de investigación. In: WITTRÖCK, M. (org.) **La investigación en la Enseñanza**. Madrid: Paidós, p. 9-91, 1989.

_____. Those who understand knowledge growth in teaching. **Educational Research**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SCHUSTER, Félix Gustavo. **Explicación y predicción**: la validez del conocimiento en ciencias sociales. Buenos Aires, Argentina: CLACSO, 1982.

SILVA, Tadeu Tomaz da. **O que produz e reproduz em educação**: ensaios da sociologia da educação. Porto Alegre. Artes Médica. 1992.

SILVA, Petronildo Bezerra da. **Desenvolvimento e avaliação de uma abordagem de ensino de química centrada na curiosidade científica dos estudantes e elaborada com base na teoria da formação das ações mentais por etapas de Galperin**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

SIMÕES NETO, José Euzébio; CAMPOS, Angela Fernandes; MARCELINO-JR, Cristiano de A. C. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de Química. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 18, p. 327-346, 2013.

SIRHAN, Ghassan. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, 2007.

SLANINA, Zedenek. Chemical isomerism and its contemporary theoretical description advances, 89-153, 13, 1981, *In*: LÖWDIN, Per Olov **Advances in quantum chemistry**, v. 13, 1981.

SMITH, Michael B.; MARCH, Jerry. **Advanced Organic Chemistry**: Reactions, Mechanisms, and Structure. 6^a ed., John Wiley & Sons, Inc, 2007.

SNELDERS, H. A. M. Practical and Theoretical Objections to J. H. van 't Hoff's 1874-Stereochemical Ideas. *In*: O. B. Ramsay, ed., **Van't Hoff—Le Bel Centennial**, American Chemical Society, Washington DC; 55–65. 1975.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B. **Química orgânica**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

SOUZA, Rosangela Vieira; JÓFILI, Zélia Maria Soares. Galperin no Ensino de Ciências: uma Sequência Didática Enfocando a Puberdade. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Anais. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, SP. 2011.

SPENCER, James N., BODNER, George M.; RICKARD, Lyman H. **Chemistry**: Structure and dynamics, 3 Ed., New York: John Wiley & Sons. 2005.

STOLK, Machiel J. *et al.* Exploring a Framework for Professional Development in Curriculum Innovation: Empowering Teachers for Designing Context-Based Chemistry Education. **Research in Science Education**, v. 41, n. 3, p. 369-388, 2010.

_____. Towards a framework for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 10, p.164-175, 2009.

STRAWSON, Peter Frederick. **Análise e metafísica**: uma introdução à filosofia, São Paulo: Discurso Editorial. 2002.

TABER, Keith S. Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 2, n. 2, p. 123-158, 2001.

_____. Chemistry Lessons For Universities? A Review of Constructivist Ideas. **University Chemistry Education**, v. 4, p. 26–35, 2000.

TALIZINA, Nina Fiódorovna. **La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza**. Benemérita Universidad Autónoma de Pueblo: México, 2009.

_____. **La formación de las habilidades del pensamiento matemático**. San Luís Potosi: Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de San Luís Potosi, 2001.

_____. **Manual de Psicología Pedagógica**. México: Facultad de Psicologia Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2000.

_____. **Psicología de la enseñanza**. Moscú: Editorial Progreso, 1988.

_____. **La Formación de la Actividad Cognoscitiva de los Escolares**. Habana: ENPES, 1987.

_____. **Conferencias sobre “Los Fundamentos de La Enseñanza em La Educación Superior”**. Havana: Universidad de La Habana, Departamento de Estudios para El Perfeccionamiento de La Educación Superior, Editorial Progreso, 1985.

_____. **Conferencias sobre los fundamentos de la enseñanza en la educación superior**. Habana: Universidade de Habana, 1984.

TEIXEIRA, Jennifer; HOLMAN; Robert W. A Simple Assignment That Enhances Students' Ability To Solve Organic Chemistry Synthesis Problems and Understand Mechanisms. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 1, p. 88, 2008.

TRINAJSTIĆ, Nenad; GUTMAN, Ivan. Mathematical Chemistry. **Croatica Chemica Acta**, v. 75, p. 329-356, 2002.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude; LAHAYE, Louise. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, p. 5-24, 2000.

VAZQUEZ, Adolfo S. **Filosofia da práxis**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

VIGOSTI, Lev S. **A formação Social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6ª ed. São Paulo: Martins Fonte, 2002.

_____. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **Obras escogidas**. Madrid: Visor, v. 4.1996.

_____. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

_____. **Pensamento e linguagem**. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, Lev S. **Investigaciones psicológicas escogidas**. Moscú: Editorial de la ACP de la RSFSR, 1956.

ZUCCO, César; PESSINE, Francisco B.T.; ANDRADE, Jaílson B. Diretrizes curriculares para os cursos de química. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 454-461, 1999.

WEININGER, Stephen J. Butlerov's Vision - The Timeless, the Transient, and the Representation of Chemical Structure. *In*: Bhushan, N. and Rosenfeld, S. (eds.). **Of Minds and Molecules**. New Philosophical Perspectives on Chemistry. New York: Oxford University Press. 2000.

YANG, Wen-Kuei; FANG, Tai-Shan. Problem-solving in inorganic stereochemistry for novice science major students. **Journal of Chemical Education**. v. 4, n. 1, p. 4-13, 2000.

APÊNDICE 1 - universidades públicas federais brasileiras que possuem sistema de avaliação seriada

	U.F	IES (Sigla)	NOME DO PROGRAMA/SIGLA	INÍCIO
F E D E R A I S	AL	Universidade Federal de Alagoas - UFAL	Processo Seletivo Seriado - PSS	2002
	AM	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	Processo Seletivo Contínuo PSC	1998
	DF	Universidade de Brasília - UnB	Programa de Avaliação Seriada PAS	1996
	MA	Universidade Federal do Maranhão - UFMA	Processo Seletivo Gradual PSG	2001*
	MG	Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF	Programa de Ingresso Misto PISM	2001
	MG	Universidade Federal de Lavras - UFLA	Processo Seletivo de Avaliação Seriada PAS	2000
	MG	Universidade Federal de Uberlândia - UFU	Programa Alternativo de Ingresso ao Ensino Superior PAIES	1997
	MG	Universidade Federal do Vale de Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM	Processo Seletivo de Avaliação Seriada SASI	2005
	MG	Universidade Federal de Viçosa - UFV	Programa de Avaliação Seriada para o Ingresso no Ensino Superior PASES	2001
	PA	Universidade Federal do Pará - UFPA	Programa Seletivo Seriado PSS	2004
	PB	Universidade Federal de Campina Grande - UFCG	Vestibular – Modalidade Seriada	2002
	PB	Universidade Federal da Paraíba - UFPB	Processo Seletivo Seriado PSS	1999
	RR	Universidade Federal de Roraima - UFRR	Sistema Seriado Seriado	2007
	SE	Universidade Federal de Sergipe - UFS	Processo Seletivo Seriado PSS	2002
	RS	Universidade Federal de Pelotas - UFPel	Programa de Avaliação da Vida Escolar PAVE	2004
RS	Universidade Federal de Santa Maria - UFSM	Programa de Ingresso ao Ensino Superior PEIES	1995	
E S T A D U A I S	AM	Universidade Estadual do Amazonas - UEA	Sistema de Avaliação para Acesso ao Ensino Superior SAES	2005
	GO	Universidade Estadual de Goiás - UEG	Sistema de Avaliação Seriada SAS	2005
	MG	Universidade Estadual de Montes Claros - UniMontes	Programa de Avaliação Seriada para Acesso ao Ensino Superior PAES	1998
	PA	Universidade Estadual do Pará - UEPA	Programa de Ingresso Seriado PRISE	1997
	PE	Universidade de Pernambuco - UPE	Sistema Seriado de Avaliação SSA	2008
	PR	Universidade Federal de Ponta Grossa - UEPG	Processo Seletivo Seriado PSS	2001

APÊNDICE 4 - Instrumento para a coleta de dados sobre inadequações e erros conceituais presentes nos livros de química orgânica na abordagem do conteúdo isomeria

INADEQUAÇÕES E ERROS CONCEITUAIS PRESENTES NOS LIVROS DE QUÍMICA ORGÂNICA NA ABORDAGEM DO CONTEÚDO ISOMERIA					
Nível de ensino	Código	Inadequações conceituais	Erros conceituais	Caracterização	Página
Ensino médio	LM1				
	LM2				
	LM3				
	LM4				
	LM5				
Ensino superior	LS1				
	LS2				
	LS3				
Estudos avançado	LA1				
	LA2				

APÊNDICE 5 - Instrumento para a organização dos dados sobre as definições do conceito isômeros utilizadas nos livros de química orgânica de diferentes níveis de ensino na abordagem da isomeria

DEFINIÇÕES DO CONCEITO ISÔMEROS UTILIZADAS NOS LIVROS DE QUÍMICA ORGÂNICA NA ABORDAGEM DO CONTEÚDO ISOMERIA									
Nível de ensino	Código	Definição	Lógica utilizada			Ocorrência			
			Características necessárias e suficientes		Propriedades (Características essenciais)	Características não-essenciais	Introduzindo a temática, de forma enunciativa	Generalizando uma discussão prévia, permeada pela apresentação de diferentes exemplos	Página
			Mesma composição química	Estruturas químicas diferentes					
Ensino médio	LM1								
	LM2								
	LM3								
	LM4								
	LM5								
Ensino superior	LS1								
	LS2								
	LS3								
Estudos avançado	LA1								
	LA2								

APÊNDICE 7 - Instrumento para a coleta de dados sobre as explicações utilizadas nos livros de química orgânica na abordagem do conteúdo isomeria

EXPLICAÇÕES UTILIZADAS NOS LIVROS DE QUÍMICA ORGÂNICA NA ABORDAGEM DO CONTEÚDO ISOMERIA						
Nível de ensino	Código	Explicação	Tipo			Página
			Declarativa		Causal	
			Objeto	Fenômeno		
Ensino médio	LM1					
	LM2					
	LM3					
	LM4					
	LM5					
Ensino superior	LS1					
	LS2					
	LS3					
Estudos avançado	LA1					
	LA2					

APÊNDICE 9 - Análise do conteúdo isomeria em questões de química de provas do SSA

Universidade pública (Sigla)		Processo/Ano	Isomeria como conteúdo programático	Competências	Habilidades
F E D E R A I S	UFJF	PISM 2011	X	X	X
	UFPA	PSS 2011	X	X	X
		PSS 2010	X	X	X
	UFPB	PSS 2011	X	X	-
		PSS 2010	X	X	-
	UFS	PSS 2012	X	X	-
		PSS 2011	X	-	-
		PISM 2010	X	X	X
	UFSM	PEIES 2011	X	-	X
	UFU	PAIES / 2011	X	X	X
		PAIES / 2010	X	X	X
		PEIES 2010	X	-	X
	UnB	PAS 2011	X	X	X
	UNIPel	PAVE / 2011	X	-	X
PAVE / 2010		X	-	X	
PAS 2011		X	X	X	
E T A D U A I S	UEG	SAS 2009/3	X	-	X
	UEPA	PROSEL 2012	X	X	X
		PROSEL 2011	X	X	X
	UEPG	PSS / 2011	X	-	X
		PAES / 2011	X	-	X
		PSS / 2010	X	-	X
	UniMontes	PAES / 2010	X	-	X
		SAS 2008/3	X	-	X
	UPE	SSA / 2012	X	-	X
SSA / 2011		X	-	X	

APÊNDICE 10 - O conteúdo de isomeria nas provas de química de processos seletivos para ingresso em universidades públicas brasileiras

Tabela 1 - Distribuição de questões envolvendo o conteúdo de isomeria nas provas de química de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010

	Processo seletivo	Ano aplicação	Questões		
			Total	Química	Isomeria
F E D E R A I S	UFJF - PISM 2012 - 3ª Etapa	2011	40	5	1
		2010		5	1
	UFJF - PISM 2011 - 3ª Etapa	2010	40	5	1
		2010		5	1
	UNIPel - PAVE 2012 - 3ª Etapa	2011	43	5	1
		2010	43	5	1
	UFS - PSS 2012 - 3ª Série	2011	50	5	1
		2010	50	5	2
	UFSM - PEIES 2012 Prova de acompanhamento III	2011		5	1
		2010		5	1
UnB - PAS 2012 - 3ª Etapa	2011	120	12	-	
	2010	130	13	-	
E T A D U A I S	UFPA - PSS 2012 - 3ª Fase	2011	55	5	-
		2010	45	5	-
	UFPB - PSS 2012 - 3ª Série	2011	48	8	-
		2010	48	8	-
	UEPA - PROSEL 2012 - 3ª Etapa	2011	54	5	2
		2010	54	5	1
	UEG - SAS 2009/9 - 3ª Ano	2011	60	7	-
		2010	60	5	1
	UEPG - PSS – Prova de Acompanhamento III	2011	50	5	1
		2010	50	5	1
	UniMontes - PAES - 3ª Etapa	2011	55	5	-
		2010	55	5	1
	UPE - SSA 2012 - 3ª Fase	2011	56	10	3
UPE - SSA 2011 - 3ª Fase	2010	30	5	1	

APÊNDICE 11 - Protocolo de análise das questões de isomeria das provas de SSA de universidades federais e estaduais brasileiras, realizadas em 2011 e 2010

Processo Seletivo/Questão	Isômeros constitucionais	Estereoisômeros opticamente ativos	Isômeros <i>cis-trans</i>	Tipo de problema	Contextualização	Hist	Exp	Habilidade requerida
UFJF – PISM / 2011 3ª etapa – Q39	X	X		Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UFJF – PISM / 2011 Módulo III - Q1			X	Exercício	N	N	N	Representar
UFJF – PISM / 2010 3ª etapa - Q39			X	Exercício	N	N	N	Identificar
UFJF – PISM / 2010 Módulo III - Q3		X		Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UNIPel – PAVE / 2011 - 3ª etapa – Q32		X	X	Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UNIPel – PAVE / 2010 – 3ª etapa - Q33		X	X	Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UFS – PSS / 2011 3ª Série - Q31	X			Exercício	N	N	N	Identificar
UFS – PSS / 2010 3ª Série - Q32		X		Exercício	N	N	N	Identificar
UFS – PSS / 2010 3ª Série - Q33	X			Exercício	N	N	N	Identificar
UFMS – PEIES / 2011 – Prova de Acompanhamento III - Q44		X		Exercício	Sociedade	N	N	Identificar
UFMS – PEIES / 2010 – Prova de Acompanhamento III - Q42	X	X	X	Exercício	Sociedade	N	N	Identificar
UEPA - PROSEL / 2012 – 3ª etapa - Q44		X	X	Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UEPA – PROSEL / 2012 – 3ª etapa - Q45		X		Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UEPA - PROSEL / 2011 – 3ª etapa - Q46		X	X	Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UniMontes – PAES / 2011 – 3ª etapa - Q47			X	Problema	Sociedade	N	N	Identificar
UPE – SSA / 2012 - Q11		X	X	Exercício	Tecnologia	N	N	Identificar
UPE – SSA / 2012 - Q12			X	Exercício	Sociedade	N	N	Identificar
UPE - SSA / 2012 - Q14		X		Exercício	Sociedade	N	N	Identificar
UPE – SSA / 2011 - Q29		X		Exercício	N	N	S	Identificar
UEG – SSA (2008/3) – 3ª etapa - Q50		X		Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar
UEPG – PSS / 2012 – 3ª etapa - Q28	X	X	X	Exercício	N	N	N	Identificar
UEPG – PSS / 2011 – 3ª etapa - Q29	X	X		Exercício	N (Ilustrativo)	N	N	Identificar

APÊNDICE 12 - Questões de isomeria das provas do ENEM

Tabela 2 - Distribuição das questões envolvendo conteúdos químicos nas edições do ENEM de 1998 a 2012

Ano	Caderno de prova	Quantidade de questões	Questões envolvendo conteúdos químicos	
			Quantidade	Números das questões
1998	Amarelo	63	10	31, 32, 34, 47, 48, 49, 52, 53, 62, 63
1999	Amarelo	63	14	9, 11, 12, 14, 15, 16, 32, 33, 36, 45, 47, 57, 58, 59
2000	Amarelo	63	18	2, 3, 10, 14, 23, 27, 30, 34, 37, 38, 48, 49, 50, 51, 52, 61, 62, 63
2001	Amarelo	63	7	7, 11, 12, 21, 22, 23, 25
2002	Amarelo	63	17	4, 5, 6, 17, 24, 26, 31, 32, 33, 40, 43, 47, 52, 59, 60, 61, 62
2003	Amarelo	63	19	16, 17, 18, 20, 21, 24, 25, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
2004	Amarelo	63	11	34, 35, 36, 39, 40, 42, 43, 48, 50, 60, 61
2005	Amarelo	63	10	11, 13, 17, 18, 30, 31, 40, 41, 42, 54
2006	Amarelo	63	10	32, 38, 39, 45, 49, 50, 56, 58, 63
2007	Amarelo	63	10	13, 15, 25, 42, 47, 56, 58, 59, 60, 62
2008	Amarelo	63	10	4, 18, 25, 26, 27, 28, 29, 43, 52, 53
2009	Azul	90	17	1, 2, 6, 7, 10, 12, 15, 22, 23, 26, 29, 30, 33, 36, 42, 43, 44
2010*	Azul	90	25	49, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 71, 73, 74, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86
2011	Amarelo	90	18	14, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 60, 61, 69, 72, 75, 77, 78, 79, 82, 90
2012	Branco	90	17	26, 40, 47, 49, 50, 53, 58, 64, 65, 69, 70, 76, 77, 80, 85, 88, 89

* Primeira aplicação

APÊNDICE 13 - As questões de isomeria das 1^{as} etapas dos vestibulares das universidades federais de Pernambuco

Tabela 3 - Análise das questões das 1^{as} etapas dos vestibulares das universidades federais de Pernambuco, de 1990 a 2009, em relação ao conteúdo isomeria

Ano	Química	Química Orgânica	Isomeria	Isômeros Constitucionais	Estereoisômeros	Isomêros óticamente ativos	Isomêros <i>cis-trans</i>
1990	16	3	-	-	-	-	-
1991	16	3	1	1	1	1	-
1992	16	3	1	-	1	1	-
1993	16	1	-	-	-	-	-
1994	16	2	1	-	1	1	-
1995	16	2	-	-	-	-	-
1996	16	4	-	-	-	-	-
1997	16	2	1	-	1	1	-
1998	16	3	1	-	1	-	1
1999	16	4	1	1	-	-	-
2000	16	4	-	-	-	-	-
2001	16	4	2	1	2	1	1
2002	16	4	3	1	2	2	-
2003	16	4	3	1	2	1	1
2004	16	4	-	-	-	-	-
2005	16	4	-	-	-	-	-
2006	16	4	2	-	2	1	1
2007	10	3	2	1	2	2	1
2008	10	2	1	-	1	1	-
2009	10	3	2	1	2	2	1
TOTAL	302	63	21	7	18	14	6

APÊNDICE 14 - As questões de isomeria das 2^{as} etapas dos vestibulares das universidades federais de Pernambuco

Tabela 4 - Análise das questões da 2^a fase dos vestibulares das universidades federais de Pernambuco de 1990 a 2009, em relação ao conteúdo isomeria

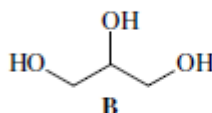
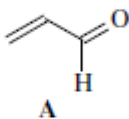
Ano	Química	Química Orgânica	Isomeria	Isômeros Constitucionais	Estereoisômeros	Isômeros óticamente ativos	Isômeros <i>cis-trans</i>
1990	16	4	2	-	2	1	1
1991	16	4	2	2	1	1	-
1992	16	4	2	2	1	1	1
1993	16	2	-	-	-	-	-
1994	16	2	1	-	1	1	1
1995	16	4	2	-	2	1	1
1996	16	4	3	2	3	2	2
1997	16	4	1	-	1	1	
1998	16	5	1	1	-	-	-
1999	16	4	1	1	-	-	-
2000	16	5	1	-	1	-	1
2001	16	5	2	-	2	1	-
2002	16	4	2	-	2	1	1
2003	16	4	2	1	2	1	2
2004	16	5	1	1	1	1	1
2005	16	3	2	-	2	2	1
2006	16	3	1	1	1	-	-
2007	16	4	-	-	-	-	-
2008	16	4	2	-	2	2	1
2009	16	4	1	1	-	-	-
TOTAL	320	78	29	12	24	16	13

ANEXO - Questões envolvendo o conteúdo isomeria dos sistemas de avaliação seriada das universidades estaduais investigadas na pesquisa

UEPA – PRISE – 3ª Etapa - PROSEL 2012

Texto XVI

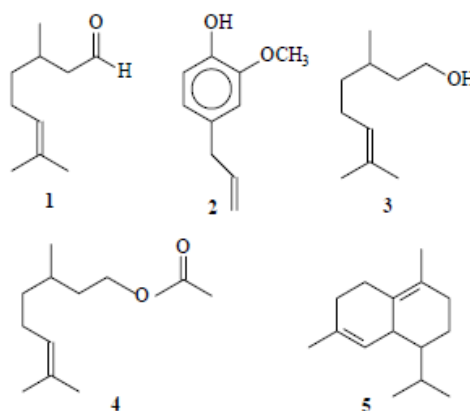
Alguns restaurantes, visando unicamente auferir lucros, não dão importância devida à qualidade de seus serviços. Um exemplo claro está na re-utilização de óleos e gorduras utilizados na fritura, onde a **glicerina** (uma substância de cadeia carbônica saturada) decompõe-se por aquecimento levando à formação da **acroleína** (uma substância de cadeia carbônica insaturada). Abaixo estão representadas as estruturas das duas substâncias envolvidas no processo (não necessariamente na ordem citada no texto).



44. Com base nas estruturas químicas apresentadas no Texto XVI, a alternativa correta é:
- nenhuma das estruturas apresenta isomeria ótica.
 - somente a substância **A** apresenta isomeria geométrica.
 - a configuração da dupla ligação da estrutura **A** é *cis*.
 - somente a substância **B** desvia o plano da luz polarizada.
 - a acroleína é mais solúvel em água do que a glicerina.
45. Sobre o Texto XVI, julgue as afirmativas abaixo.
- A acroleína é representada pela estrutura **A**.
 - Na formação da acroleína ocorre reação de adição.
 - A glicerina apresenta um carbono assimétrico.
 - A hidrogenação da substância **A** leva à formação de **B**.
- De acordo com as afirmativas acima, a alternativa correta é:
- I, III e IV
 - II, III e IV
 - II e IV
 - IV
 - I

Texto XXIII

Os recursos naturais, como as plantas, o solo, a água, o ar e os minerais são utilizados pelo homem com o objetivo do desenvolvimento da civilização, sobrevivência e conforto da sociedade em geral. O Brasil possui uma das maiores florestas tropicais do mundo com mais de 40.000 tipos de plantas e mais espécies de árvores que qualquer outra floresta. A partir das plantas brasileiras são extraídas inúmeras substâncias que são empregadas para os mais variados fins, como medicamentos, alimentos, herbicidas, perfumes, etc. Os óleos essenciais são constituídos de substâncias que são utilizadas como matéria prima em diversos segmentos industriais. Ao lado estão representadas as estruturas químicas de cinco substâncias componentes de óleos essenciais, entre as quais o eugenol, que é um fenol utilizado como anestésico em tratamentos odontológicos.

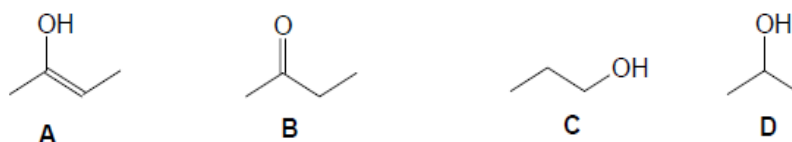


46. Isomeria é o fenômeno em que duas ou mais substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas estruturais. Nesse sentido, a alternativa correta é:

- a) As substâncias 1, 2 e 3 apresentam atividade ótica.
- b) Somente a substância 2 apresenta isomeria geométrica (cis/trans).
- c) A configuração da ligação dupla da substância 4 é cis.
- d) As substâncias 1 e 3 são opticamente ativas.
- e) As substâncias 1, 3 e 4 apresentam isomeria geométrica.

UEG – SAS - 3ª Etapa – Vestibular 2011

QUESTÃO 50



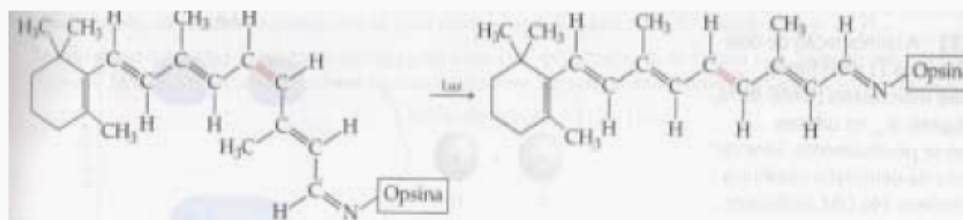
Na figura acima estão representadas quatro moléculas orgânicas distintas. Através da análise de suas estruturas percebe-se que

- a) A é um álcool.
- b) A e B são enantiômeros.
- c) C não pode ser oxidado.
- d) D é mais volátil do que C.

UniMontes – PAES – 3ª Etapa – Vestibular 2011

QUESTÃO 46

A visão começa quando a luz é focalizada pelas lentes dentro da retina. A rodopsina é uma proteína, denominada opsina, ligada a um pigmento violeta-avermelhado, retinal. Em sua forma normal, o retinal é mantido rígido. Quando a rodopsina absorve luz visível, a porção retinal da molécula inicia uma série de reações químicas que resultam na visão. A reação que ocorre com a rodopsina se encontra representada pela equação a seguir:



Em relação à química da visão, é **CORRETO** afirmar que

- A) o retinal, em sua forma normal, é mantido rígido devido às suas ligações simples.
- B) o retinal, na sua forma rígida, diferencia-se do produto através das posições das duplas.
- C) a energia é usada para quebrar a porção da ligação π de uma das ligações duplas.
- D) a geometria molecular da rodopsina é mantida devido à sua interação com a luz.

UEPG - PSS - Prova de Acompanhamento III – Vestibular 2012

28 – Com relação ao composto 3-metil-2-penteno, assinale o que for correto.

- 01) Apresenta plano de simetria.
- 02) É um isômero de cadeia do cicloexano.
- 04) Não apresenta carbono assimétrico.
- 08) Apresenta isomeria geométrica.

UEPG - PSS - Prova de Acompanhamento III – Vestibular 2011

29 – O quadro abaixo contém características sobre três compostos químicos que apresentam a fórmula molecular C_3H_8O .

	Compostos		
	(I)	(II)	(III)
Ponto de ebulição (°C)	35	82,3	97,1
Produto formado por oxidação enérgica	*	Propanona	Ácido propanoico

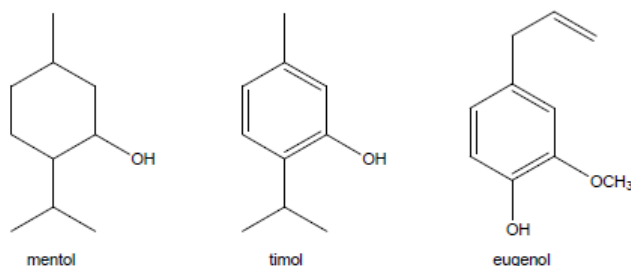
* O composto (I) não foi tratado por oxidação enérgica.

Nessas condições, assinale o que for correto.

- 01) O composto (I) é isômero funcional do composto (II).
- 02) Os compostos (I) e (II) são diastereoisômeros.
- 04) Apenas o composto (II) apresenta isomeria óptica.
- 08) Os compostos (II) e (III) são isômeros de posição.

UFJF – 3ª ETAPA - PISM 2011

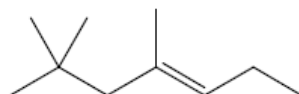
39. O aroma que se identifica em determinados produtos naturais é devido à presença de substâncias, como o mentol, timol e o eugenol. Sobre essas substâncias, é **CORRETO** afirmar que:



- o produto da reação do mentol com uma solução de $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido é um ácido carboxílico.
- o produto da reação de hidrogenação do eugenol é um isômero de posição do timol.
- o mentol apresenta três centros quirais.
- o mentol e o timol são isômeros de compensação.
- a reação do timol com ácido etanoico em meio ácido é uma reação de saponificação.

UFJF – MODULO III DO PISM – TRIÊNIO 2009-2011

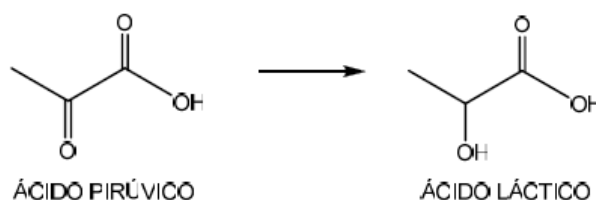
Questão 1 – O composto químico abaixo representa um hidrocarboneto insaturado (alceno). Sobre ele, responda ao que se pede.



- Escreva a fórmula estrutural do seu isômero geométrico.

UFJF – 3ª ETAPA - PISM 2010

Questão 39: O ácido láctico é um composto orgânico produzido nos músculos a partir do ácido pirúvico durante exercícios vigorosos, gerando dores musculares ou câibras.

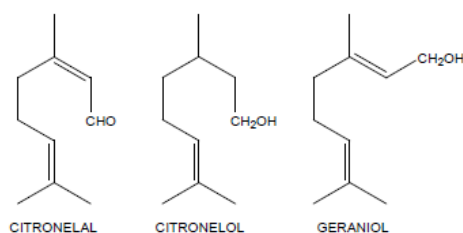


Baseado no esquema apresentado, é **CORRETO** afirmar que:

- o ácido pirúvico e o ácido láctico apresentam isômeros ópticos.
- a conversão apresentada é um processo de esterificação.
- o ácido láctico apresenta isomeria *cis-trans*.
- quando se adiciona ácido láctico a uma solução ácida de dicromato de potássio, ocorre reação de oxidação.
- o ácido pirúvico não reage com NaOH.

UFJF – MODULO III DO PISM – TRIÊNIO 2008-2010

Questão 3: O capim citronela (*Cymbopogon nardus*) é uma planta medicinal e aromática de grande importância no Brasil, utilizado como repelente de insetos. O óleo extraído de suas folhas é rico em citronelal e tem pequenas quantidades de citronelol e geraniol.



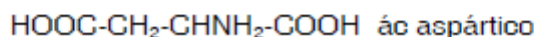
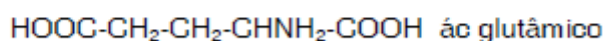
Com base nas estruturas dos compostos mostrados acima, responda aos seguintes itens.

a) Qual composto apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

UNIPel – PAVE -3ª ETAPA – SUB-PROGRAMA (2009-2011)

O texto a seguir serve de subsídio para as questões 31, 32, 33 e 34.

O ácido aspártico e o ácido glutâmico são constituintes das proteínas e também atuam como neurotransmissores. Isto é, esses ácidos, quando produzidos pelos neurônios, podem ali envolver-se em funções cognitivas, a exemplo da aprendizagem e da memória.



32

Com base na estrutura dos compostos relacionados no texto, fazem-se as seguintes afirmações.

- I) São substâncias opticamente ativas, por apresentar na estrutura molecular um centro de assimetria.
- II) Formam um par de isômeros cis-trans.
- III) O ácido glutâmico é antípoda óptico do ácido aspártico.
- IV) O ácido aspártico é um enantiômero do ácido glutâmico.

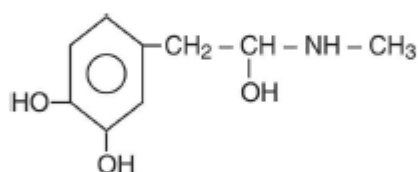
É(São) verdadeira(s) a(s) afirmativa(s)

(a) I.

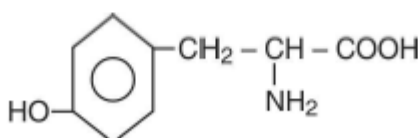
UNIPel – PAVE -3ª ETAPA – SUB-PROGRAMA (2008-2010)

O texto a seguir serve de subsidio para as questões 31, 32, 33, 34 e 35.

A adrenalina ou epinefrina é um hormônio neurotransmissor, secretado pelas glândulas supra-renais, derivada da biotransformação do aminoácido tirosina. Quando lançada na corrente sanguínea, a adrenalina aumenta a frequência dos batimentos cardíacos, dentre outros efeitos.



ADRENALINA



TIROSINA

33

Sobre a estrutura das substâncias relacionadas no texto, afirma-se o seguinte.

- I) A adrenalina e a tirosina são substâncias opticamente ativas, por apresentarem na estrutura molecular um centro de assimetria.
- II) A adrenalina é um antípoda óptico da tirosina.
- III) A tirosina é um enantiomero da adrenalina.
- IV) A adrenalina e a tirosina são substâncias que apresentam isomeria cis-trans.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

- (a) I.
- (b) I e II.
- (c) II e III.
- (d) III e IV.
- (e) IV.
- (f) I.R.

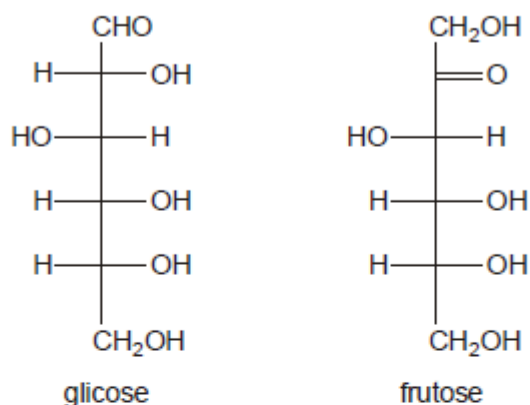
31. Analise as seguintes proposições:

O composto 2,3-dimetilbut-2-eno

- 0 0 - quando sofre oxidação com solução de permanganato à frio em meio neutro, fornece dimetil-2,3-dihidroxi-butano.
- 1 1 - quando sofre ozonólise, fornece propanona.
- 2 2 - quando é hidrogenado, forma dimetilbutano.
- 3 3 - tem fórmula molecular C_6H_{14} .
- 4 4 - é isômero do pent-2-eno.

UFS – 3ª SÉRIE – PSS 2010

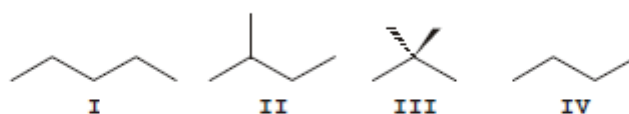
32. As fórmulas a seguir representam as estruturas da glicose e da frutose.



- 0 0 - A glicose e a frutose são isômeros de cadeia.
- 1 1 - A glicose e a frutose possuem 16 isômeros ópticos cada uma.
- 2 2 - Na glicose está presente somente a função álcool.
- 3 3 - Na frutose estão presentes as funções álcool e cetona.
- 4 4 - A glicose e a frutose são monossacarídeos que podem ser obtidos a partir da hidrólise da sacarose, extraída da cana-de-açúcar.

UFS – 3ª SÉRIE – PSS 2010

33. Considere as estruturas dos compostos orgânicos a seguir:

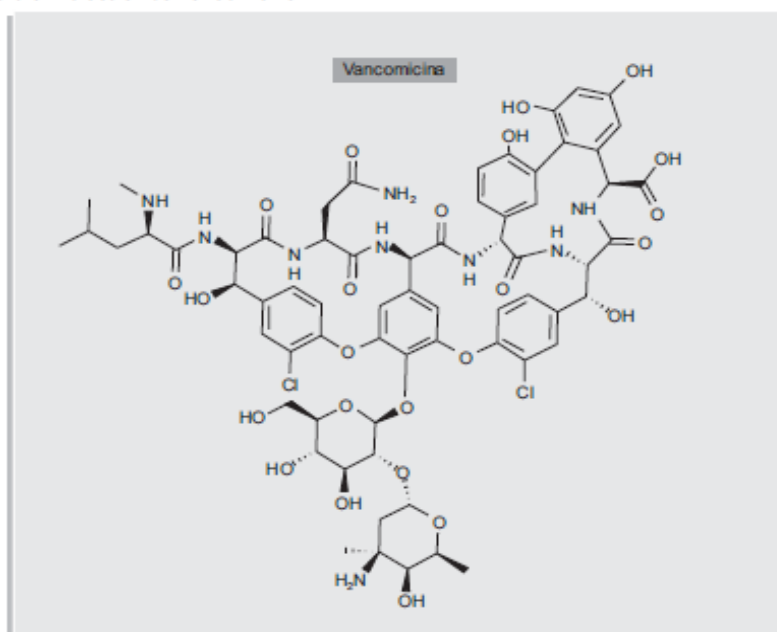


- 0 0 - Os compostos representados pelas estruturas I, II, III e IV são hidrocarbonetos alicíclicos.
- 1 1 - O composto I tem ponto de ebulição menor que os compostos II, III e IV.
- 2 2 - Os compostos I, II e III são exemplos de uma série homóloga.
- 3 3 - Os compostos I, II e III são isômeros de posição.
- 4 4 - Os compostos I, II, III e IV são apolares.

UFSM – PROVA DE ACOMPANHAMENTO III - PEIES 2011

**Questão 44**

A vancomicina é um antibiótico de última geração isolado da bactéria *Amycolatopsis orientalis*. Tem sido usada para combater as chamadas superbactérias, resistentes aos antibacterianos mais comuns. Observe a estrutura molecular da vancomicina:



Essa substância contém

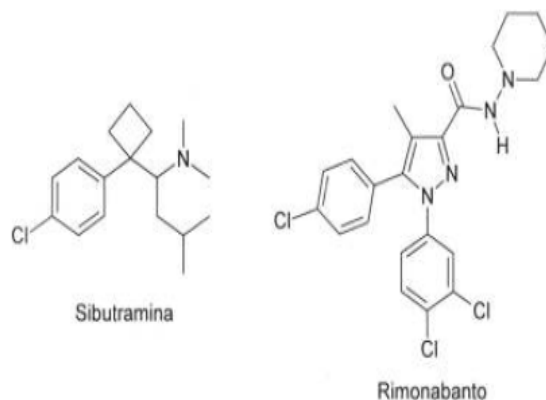
- I - átomos de halogênio.
- II - carbonos sp.
- III - piranose.
- IV - mais de cinco carbonos quirais.

Estão corretas

- (A) apenas I e II.
- (B) apenas II e III.
- (C) apenas II e IV.
- (D) apenas I, III e IV.
- (E) apenas III e IV.

UFSM – PROVA DE ACOMPANHAMENTO III – PEIES 2010

O aumento do peso corporal tem se tomado um problema social grave. Os hábitos alimentares *fast food*, a disponibilidade de alimentos industrializados com alto valor calórico e a falta de atividades físicas têm levado a sociedade a altos níveis de obesidade. Assim, foram desenvolvidas as substâncias sintéticas sibutramina e rimonabanto, indicadas por alopatas no tratamento para perda de peso. Entretanto, comerciantes de fitoterápicos prescritos para o mesmo fim têm adulterado seus produtos, adicionando essas duas substâncias sintéticas, o que pode ocasionar graves efeitos colaterais aos usuários.



42

Com relação à estrutura molecular do rimonabanto representado na questão anterior, assinale a afirmativa correta.

- (A) A molécula é assimétrica, portanto possui isomeria ótica.
- (B) O rimonabanto possui somente dez isômeros constitucionais.
- (C) Essa substância possui diastereoisômero geométrico.
- (D) O rimonabanto não possui carbonos quirais, portanto não possui enantiômero.
- (E) A complexidade molecular e a quantidade de átomos formadores não permitem que essa substância possua isômeros constitucionais.

29. Submeteram-se, em laboratório, à hidrogenação catalítica os seguintes alcenos: 2,4-dimetil-pent-2-eno, 3-metil-hex-3-eno e 3,5-dimetil-hept-3-eno. Constata-se, após o término das reações de hidrogenação, que

- A) o 3,5-dimetil-hept-3-eno não origina hidrocarbonetos opticamente ativos.
- B) apenas o 3-metil-hex-3-eno origina um hidrocarboneto opticamente ativo.
- C) apenas o 2,4-dimetil-pent-2-eno origina um hidrocarboneto opticamente ativo.
- D) apenas o 2,4-dimetil-pent-2-eno não origina hidrocarboneto opticamente ativo.
- E) todos os alcenos ramificados, quando hidrogenados, originam hidrocarbonetos opticamente ativos.