

INVESTIGAÇÃO DO FENÔMENO DE ISOMERIA: CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO E EVOLUÇÃO CONCEITUAL

Maria Emanuella Amâncio Correia*
Juliano C. Rufino de Freitas**
Jucleiton José R. de Freitas**
João R. de Freitas Filho***

RESUMO: As dificuldades conceituais que alunos apresentam sobre o tema “isomerismo” são atribuídas a problemas básicos, como a compreensão de teorias estruturais, ligações químicas e representações de fórmulas estruturais. Este trabalho teve como objetivo avaliar a evolução da aprendizagem de estudantes do ensino médio sobre o fenômeno de isomerismo. A metodologia utilizada se baseou nas concepções prévias dos estudantes e na utilização do processo de construção do conceito de isomeria. Os dados foram coletados de um grupo de 25 estudantes da terceira série por meio de pré e pós-teste e analisados segundo a técnica de análise de conteúdo. Como conclusão, foi possível verificar uma evolução conceitual da maioria dos estudantes, objeto do estudo.

Palavras-chave: Ensino de Química; Isomeria; Evolução Conceitual.

INQUIRY OF THE PHENOMENON OF ISOMERISM: HIGH SCHOOL STUDENTS' PREVIOUS CONCEPTIONS AND CONCEPTUAL EVOLUTION

ABSTRACT: The conceptual difficulties faced by students on the theme “isomerism” are attributed to basic problems, such as the understanding of structural theories, chemical bonds and representations of structural formulas. This study was aimed at the evaluation of the High School students' learning evolution on the isomerism phenomenon. Our strategy was based on the students' previous conceptions and on the use of the construction of concept isomers. The results have been collected from a group of twenty-five students from third grade through pre and post trials, and were analyzed using contents analysis technique. As conclusions, it was possible to verify a conceptual evolution on the majority of the students, object of this study.

Keywords: Chemistry Teaching; Isomerism; Conceptual Evolution.

*Estudante do Curso de Licenciatura em Química da Faculdade de Formação de Professores da Mata Sul (FAMASUL), Palmares/PE
E-mail: emanuellacorreia@hotmail.com
**Estudantes do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
E-mails: julianocrufino@yahoo.com.br e jucacleiton@yahoo.com.br
***Professor de Química da Unidade Acadêmica de Garanhuns / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Garanhuns/PE
E-mail: joaoveronica@yahoo.com.br

1. Introdução

Segundo Covolan e Silva (2005) a busca de uma prática pedagógica voltada para um aprendizado mais significativo justifica-se perante a crescente insatisfação com o paradigma tradicional de ensino, que preconiza, basicamente, o repasse de conteúdos de forma não crítica, valorizando a memorização apática por parte dos estudantes. Nesse sentido, as pesquisas sobre concepções pré-

vias que surgiram no final da década de 70 e nos anos 80, mostrando a importância de se considerar essas concepções acerca de conhecimentos científicos que os estudantes levam para a sala de aula, representaram um passo para que o enfoque passivo, em que o aluno era visto como receptáculo de conhecimentos, desse lugar a uma abordagem construtivista de ensino.

Foi a partir desses estudos que as influências dessas concepções na aprendizagem foram melhor entendidas. Assim, os resultados desses estudos contribuíram para fortalecer o que se denominou de uma orientação construtivista do ensino e da aprendizagem (LIBANORE, 2007). Atualmente, o grande problema em se levar esse novo conceito de ensino para a sala de aula, tem sido a dificuldade de elaboração de estratégias de ensino coerentes com os modelos teóricos (SILVA e LATTOUF, 1996).

Com isso, as ideias dos estudantes passaram a ser consideradas no planejamento de ensino de cunho construtivista. Por meio da análise de pesquisas sobre as concepções dos estudantes sobre Biologia e Química, Martins e Toledo (2002) ressaltam a importância de se conhecer as ideias dos estudantes sobre os diferentes assuntos da Ciência. As autoras afirmam que, a partir das concepções dos estudantes pode-se traçar um programa de estudos onde o conhecimento do estudante pode ser colocado à prova e assim, pode ser reavaliado e reconstruído.

Segundo leitura atenta dos trabalhos publicados em revista de educação sobre a trajetória histórica do ensino de ciências no Brasil, estes indicam que, ao longo dos anos, vem persistindo, nas salas de aulas, um distanciamento entre a abordagem dos conteúdos científicos escolares e as concepções prévias dos estudantes (Brasil, 1997; AMARAL, 1998; DOMINGUES *et al.*, 1998; LOPES, 1999; MALDANER, 2000; MORTIMER, 1996). De acordo com Baptista (2006), a prática de ensino em ciências no Brasil vem, de maneira lamentável, assumindo uma postura cientificista. Segundo Cobern (1994), a perspectiva cientificista de ensino coloca a Ciência acima da cultura do estudante e, por tal motivo, o professor deve levar em conta apenas os conhecimentos científicos escolares que são trabalhados em sala de aula, sobrepondo todas as demais concepções que possam circular neste espaço.

Os modelos pedagógicos construtivistas dão especial realce às construções prévias dos estudantes na medida em que filtram, escolhem, decodificam e reelaboram informação que o indivíduo recebe do meio (SANTOS & PRAIA, 1992; DUIT, 1995; ALMEIDA, 1996; CANAVARRO, 1999; CACHAPUZ & COLS, 2000). Em outras palavras, o conhecimento ou as concepções pré-existentes orientam os alunos na compreensão da nova informação apresentada pelos professores ou pelos manuais. Se as concepções prévias dos alunos se articulam com a versão científica, ocorre à apreensão conceptual, mas se entram em conflito com a versão científica, ocorre mudança conceptual. No entanto, em ambos, os processos de construção de ideias estão latentes o pressuposto de que dificilmente se aprende sem integrar, nas redes de conhecimento anterior, a nova informação (AUSUBEL & COLS, 1980; ALMEIDA, 1996; PRAIA, 1999).

O papel do conhecimento prévio do sujeito é referido em estudos que envolvem disciplinas como Física e Química (CHI *et al.*, 1982; MARTINS, 1993; LOUREIRO, 1993). No entanto, no que se refere aos trabalhos publicados sobre as concepções alternativas de alunos de ciências, todos os estudos efetuados nessa área refletem a ideia de que a aprendizagem prévia é decisiva para as novas aprendizagens, isto é, o conhecimento prévio do sujeito e o grau com que o pode ativar, nas situações de aprendizagem, determinam suas novas aquisições (ALMEIDA, 1996).

Assim, como problemática desta pesquisa, com base nas discussões teóricas, pretendíamos compreender a evolução do conceito de isomeria para os estudantes do ensino médio utilizando estratégias de ensino fundamentadas em concepções prévias e subsidiadas pela evolução conceitual, dentro de uma abordagem construtivista. Assim, entendemos que o conhecimento não é recebido passivamente, mas é ativamente construído pelo sujeito (CARVALHO e BARROS, 1998).

Isomeria *versus* Evolução Conceitual

Segundo teorias contemporâneas de aprendizagem, tornar o estudante um participante ativo no processo significa, primeiramente, a valorização de suas concepções prévias, utilizando-as como ponto de partida para a construção de novos conhecimentos e tornando a evolução conceitual um produto da interação das concepções prévias com as novas experiências. Segundo Mortimer (2000), ao menos duas características são comuns a todas as vertentes: “(1) a aprendizagem se dá pelo através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; (2) as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem”.

Partir das concepções prévias dos estudantes e fazê-las evoluir, de forma que essas ideias possam explicar o mundo é o que se tem chamado de modelo de evolução conceitual. Temos considerado como aprendizagem, esse processo de evolução conceitual.

O conceito de isomeria foi escolhido pelo fato de existir uma série de substâncias de mesma fórmula molecular, mas cujas conectividades e/ou arranjos espaciais dos átomos são diferentes e também por percebermos a dificuldade que o professor encontra no ensino deste construto, evidenciada em relação a outros conceitos dentro da Química Orgânica. Também por que o estudo do conteúdo isomeria é de importância ímpar para mostrar aos estudantes a função de determinados hormônios, proteínas e aromatizantes dentre outros, além de facilitar o aprendizado no conteúdo seguinte, as reações orgânicas.

Desta forma, para dar consistência às interpretações das ideias dos estudantes e à construção das atividades, apresentamos, de forma resumida, a evolução do conceito de isomeria, relacionando-o com outros conceitos tais como, isômeros constitucionais e estereoisômeros.

A origem do conceito de Isomeria se deu em 1830 quando Berzelius fazia uma síntese orgânica e observou a existência de compostos que apresentavam a mesma fórmula molecular, porém com propriedades físicas e químicas completamente distintas. Estavam descobertos assim os compostos que foram “batizados” por Berzelius como isômeros (do grego *iso* = mesmo e *meros* = parte, partes iguais). Com a ajuda do químico alemão Liebig, que em 1824 já havia identificado esse fenômeno, ele propôs uma explicação para o fenômeno: os compostos apresentavam a mesma composição de elementos, mas a disposição quanto aos átomos desses elementos em cada composto era diferente (FONSECA, 2001). Este fenômeno está relacionado à existência de dois ou mais compostos químicos com fórmulas e pesos moleculares idênticos, mas propriedades diferentes. Por ser menos frequente nos compostos inorgânicos, é considerada uma qualidade própria das substâncias orgânicas. O grande número de combinações possíveis das longas cadeias de carbono favorece seu aparecimento. A descoberta do fenômeno da isomeria mostrou que as propriedades das substâncias químicas não dependem unicamente de sua composição, mas também do arranjo espacial dos átomos dentro da molécula. Há uma tradição na cultura da Química escolar de subdividir a classificação dos isômeros constitucionais em isômeros de posição, isômeros de cadeia, isômeros de função, etc.

Para isômeros planos a fórmula estrutural plana, permite naturalmente a diferenciação dos isômeros e, estudantes em geral dominam esta representação. Porém a diferenciação de isômeros geométricos não é possível com esse tipo de representação, pois somente a comparação entre representações em 3D é capaz de revelar as diferenças.

Logo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a evolução conceitual da aprendizagem dos estudantes da terceira série do ensino médio sobre o fenômeno de isomeria a partir das suas concepções prévias. A ideia da realização desse estudo surgiu de observações prévias dos autores sobre as inúmeras dificuldades dos estudantes do ensino médio em isomeria constitucional, conformacional e configuracional, dentre as quais se enumera as mais comuns: **1.** entender o conceito de compostos isômeros; **2.** diferenciar um isômero constitucional de um estereoisômero; **3.** classificar os isômeros constitucionais; **4.** representar a fórmula estrutural dos isômeros constitucionais. Este trabalho procurou descobrir essas dificuldades no ensino da isomeria para os estudantes do ensino médio, com o objetivo de colaborar com a melhoria do ensino de Química.

2. A pesquisa

2.1. Contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma turma de 25 alunos da terceira série do ensino médio da Escola Pública João Vicente de Queiroz, localizada na Praça Marcionilo Pedrosa, S/N – Centro, no município de Água Preta zona da Mata

de Pernambuco. A escolha da série envolvida se deu por conta da abordagem do conteúdo de ensino “isomeria” ser visto, normalmente, nesta série no ensino médio.

A Escola Pública João Vicente de Queiroz funciona nos turnos matutino, vespertino e noturno e atende, em média, 600 estudantes no ensino médio, provenientes tanto da zona urbana quanto rural. Tais estudantes, em sua maioria, são agricultores ou filhos de agricultores. A estrutura da Escola conta com um total de 15 salas de aulas, uma sala de direção, uma sala de professores, uma biblioteca, um laboratório de ciências e dois sanitários.

A pesquisa foi desenvolvida em dois momentos: **a)** levantamentos das concepções prévias dos estudantes sobre o fenômeno de isomeria; **b)** intervenção didática em sala de aula para avaliação da evolução conceitual.

A abordagem metodológica da pesquisa foi qualitativa, uma vez que os dados foram anteriormente coletados em um grupo de estudantes do nível médio (questionário e pré-teste) e posteriormente (pós-teste) de uma intervenção de ensino (painel integrado, painel interativo e oficinas pedagógicas), onde a qualidade do conteúdo das respostas foi o que configurou o aspecto mais importante desta análise.

2.2. Momento 1:

Estratégias utilizadas para levantamento das concepções prévias dos estudantes

I. Visita *in locus*

Inicialmente foram realizadas visitas à Escola Pública João Vicente de Queiroz (Nível Fundamental e Médio), onde foi solicitada a Direção consentimento para a realização da pesquisa. Após consentimento, foi escolhido o nível e série a ser objeto de estudo e em seguida foram realizadas visitas às salas de aula de Química. Nesta visita, inicialmente observamos a metodologia utilizada pelo professor regente e posteriormente, coletivamente, elaboramos uma proposta de estudo.

II. Diálogos com as concepções prévias dos estudantes

a) Entrevistas semi-estruturadas

Para o levantamento das concepções prévias, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com os estudantes com base em um protocolo com questões relacionadas à percepção sobre composto orgânico, grupo funcional e isomeria. As entrevistas partiram da apresentação da manchete sobre o fármaco talidomida (Figura 1). Após a apresentação da manchete, com auxílio do retro-projetor, as seguintes questões lhes foram lançadas:

1. Você já ouviu falar na talidomida?
2. Você conhece esse composto orgânico?
3. Quais os grupos funcionais presentes no composto?
4. Esse composto pode ser considerado como isômero constitucional?

Este momento foi realizado individualmente, como forma de permitir que cada estudante pudesse expressar oralmente suas noções sobre alguns conteúdos a serem explorados durante as intervenções didáticas.

Figura 1: Manchete sobre embalagem do fármaco talidomida



Em seguida, foi solicitado que os estudantes, individualmente, respondessem a um pré-teste.

b) O pré-teste

Este foi constituído por dez questões. Das dez questões, duas tratou de isômeros constitucionais e oito de estereoisômeros (duas das questões se referem aos isômeros *cis* e *trans* e seis a isômeros ópticos). O objetivo do pré-teste foi coletar as ideias dos estudantes dos 3º anos do ensino médio sobre o fenômeno de isomeria.

III. Procedimento para a análise do pré-teste

A metodologia de análise do pré-teste respondido foi guiada pela análise do conteúdo isomeria. Para todas as perguntas do pré-teste adotou-se dois procedimentos de análise das respostas. O primeiro consistiu em analisar as respostas assinaladas pelos estudantes em cada questão. O segundo procedimento foi analisar a justificativa dada às questões assinaladas.

2.3. Momento 2: Ações em sala de aula

Com vistas à coleta de dados que serviu como fonte de análise para a nossa pesquisa, planejou-se uma intervenção didática sobre o conteúdo isomeria vivenciada em uma turma da 3ª série do ensino médio, no final do 1º semestre de 2008. A intervenção didática foi estruturada para duração máxima de dez aulas, onde se desenrolaram ações que compreenderam: investigação de concepções dos estudantes, discussões acerca de suas respostas, apresentação e discussão de cinco textos sobre o conceito de isomeria, extraído do livro “Química – na abordagem do cotidiano” v. 3, 4ª Edição (TITO e CANTO 2007).

I. Estratégias de ensino para avaliar a evolução conceitual: Painel Integrado e Oficinas pedagógicas

Uma das características que um grande número de estratégias de ensino-aprendizagem parece ter, explícita ou implicitamente, em relação às ideias prévias dos estudantes, é a expectativa de que essas ideias deverão ser abandonadas e/ou subsumidas no processo de ensino. A partir das concepções prévias levantadas anteriormente, propôs-se estratégias de ensino, tais como painel integrado, seguida da construção de um painel interativo e posteriormente oficinas pedagógicas.

Desenvolvimento do painel integrado

Etapa 1: Foi solicitado que os estudantes formassem cinco grupos, cada grupo com cinco estudantes. Os estudantes que compunham cada grupo foram enumerados com os números 1, 2, 3, 4 e 5.

Etapa 2: Os textos foram distribuídos aos grupos e após a leitura do material, foi solicitado que os componentes dos grupos fizessem uma síntese do texto lido.

Etapa 3: Todos os alunos de número 1 formaram um novo grupo e assim sucessivamente, ou seja, foi feito o cruzamento entre os diferentes membros dos diferentes grupos de tal forma que, em cada novo grupo constassem representantes de todos os outros primeiros grupos. Com os novos grupos formados foi solicitado que as sínteses (construídas na etapa 2) fossem discutidas para elaboração de uma nova síntese.

Etapa 4: Apresentação dos resultados das sínteses em plenária.

Etapa 5: Construção de um painel interativo.

Esta estratégia de ensino foi desenvolvida em quatro aulas. Cada aula teve duração de 50 minutos. Na primeira aula (esta com duração de 100 minutos) foram realizadas as etapas 1, 2 e 3. Na segunda aula foram realizadas as etapas 4 e 5. Para nortear a leitura dos textos, perguntas específicas foram apresentadas aos estudantes para que pudessem gerar discussões no grupo. Nessas duas aulas, o professor organizou as discussões e sistematizou as falas dos estudantes em um painel interativo para que ao final se fizesse uma organização dos conceitos.

Desenvolvimento de oficinas pedagógicas

O desenvolvimento das oficinas pedagógicas se deu numa sequência que considerou três momentos pedagógicos: a problematização, a organização e a aplicação do conhecimento (DELIZOICOV *et al.*, 2002). Na problematização, as situações reais, conhecidas e vivenciadas pelos participantes de uma dada

temática foram apresentadas para que os estudantes manifestassem suas ideias e concepções a respeito do tema. A meta foi problematizar e compartilhar o conhecimento que o grupo possui. Coube ao professor fomentar uma discussão das respostas, explorar explicações contraditórias e mostrar limitações no conhecimento característico do senso comum. No segundo momento pedagógico, foram apresentados conhecimentos específicos necessários para a compreensão da situação em estudo. Na aplicação do conhecimento, terceiro momento pedagógico, a situação inicial foi analisada e interpretada tendo como base as ideias e os conceitos introduzidos e outras situações problemáticas foram apresentadas para que os participantes pudessem aplicar os conhecimentos elaborados. Todo esse processo foi muito importante, pois pôde permitir que os estudantes tivessem um novo olhar sobre o problema inicial e se sentissem capazes de compreender e buscar soluções para outros problemas relacionados aos mesmos conhecimentos científicos (SILVA, 2007).

As temáticas desenvolvidas nas oficinas estão descritas a seguir:

A talidomida como tema organizador de uma oficina

Explorando o conceito de isomeria

Os feromônios e o ensino de Química

Cada oficina teve duração de duas aulas (cada aula teve duração de 50 minutos) e foram trabalhadas diferentes dinâmicas, tais como leitura de texto em voz alta, trabalhos em grupos e resoluções de exercícios. Os recursos didáticos utilizados foram: texto curto, lousa, retroprojetor; vídeo etc. A oficina “Explorando o conceito de isomeria” também se caracterizou pela utilização de atividades experimentais. O experimento realizado foi extraído da revista Química Nova na Escola N° 21, 2005 e intitulado Rotação da luz polarizada: Abordagem histórica como proposta experimental. O experimento foi desenvolvido de forma a permitir explorações conceituais.

A abordagem do conteúdo isomeria a partir de temas relevantes, como os descritos acima, permitiu a contextualização do conhecimento e participação ativa do estudante na elaboração de seu conhecimento e se constituiu como principais características das oficinas pedagógicas.

Todas as aulas foram gravadas em vídeo e, ao final de cada aula, os estudantes realizaram avaliação sobre os mesmos. O processo avaliativo se deu continuamente, levando-se em consideração a participação dos estudantes, o nível de interesse dos mesmos, bem como o processo interativo no decorrer das atividades. Nas respostas, observamos diversas manifestações diferentes daquelas expressas no pré-teste.

Finalmente, após a apresentação do conceito científico pelas diversas intervenções realizadas, propusemos a realização de um pós-teste, buscando avaliar o crescimento das concepções dos estudantes. As questões que compõem o pré e pós-teste são descritas a seguir:

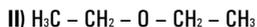
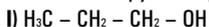
1. O par de compostos abaixo representa isômeros por possuírem as seguintes características:



- a) Composto que possui o elemento químico oxigênio
- b) Compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular
- c) Compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.

Justifique sua resposta:

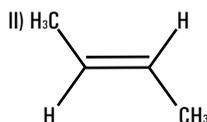
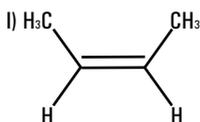
2. Assinale a opção em que o tipo de isomeria corresponde às estruturas.



- a) Isomeria constitucional
- b) Isomeria geométrica
- c) Isomeria óptica

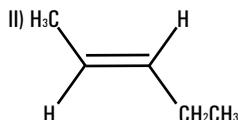
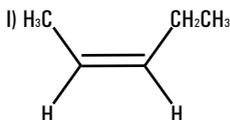
Justifique sua resposta:

3. O fato das estruturas I e II serem conhecidas como isômeros geométricos é por que:



- a) Apresentam carbono assimétrico
 - b) Os carbonos fazem ligações com átomos de hidrogênio
 - c) Além da presença de uma ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si
- Justifique sua resposta:

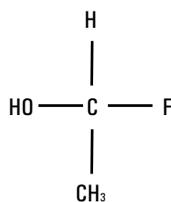
4. As estruturas I e II representam isômeros geométricos. De acordo com regra de nomenclatura, o descritor cis e trans serão atribuídos na (s) estrutura (s):



- a) I – cis e II – trans
- b) I – trans e II – cis
- c) I – cis e II – cis

Justifique sua resposta:

5. Analise a estrutura abaixo e assinale a alternativa que julgar verdadeira



- a) O carbono central não possui ligantes diferentes
- b) A substância é quiral
- c) O carbono central é simétrico

Justifique sua resposta:

6. Os pares de enantiômeros estão corretamente colocados na alternativa:

- a) Dextrorrotatório e levorrotatório
- b) Carbono simétrico
- c) Imagem especular

Justifique sua resposta:

7. As propriedades físicas do par de enantiômeros são iguais, exceto:

- a) Ponto de fusão
- b) Ponto de ebulição
- c) Desvio sobre a luz polarizada

Justifique sua resposta:

8. A talidomida foi um medicamento usado por gestantes para aliviar enjôo cujo uso foi abolido por causar má formação em fetos. É correto afirmar:

- a) O medicamento utilizado era uma mistura racêmica
- b) Substâncias quirais apresentam simetria
- c) Mistura racêmica é opticamente ativa

Justifique sua resposta:

9. Para que uma espécie química tenha isômeros ópticos é necessário que sua molécula apresente:

- a) Um plano de simetria
- b) Pelos menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla
- c) Assimetria

Justifique sua resposta:

10. Das seguintes fórmulas estruturais, em qual pode ocorrer isomeria óptica?

- a) $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}_2(\text{OH})$
- b) $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- c) $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH} = \text{CH}_2$

Justifique sua resposta:

3. Resultados e Discussão

Em muitas situações de nossa prática pedagógica sentimo-nos surpresos frente às dificuldades de aprendizagem encontradas pelos estudantes em atividades de ensino propostas em sala de aula. Reflexões sobre esse fato nos trazem inevitáveis questionamentos. Existiriam fatores capazes de favorecer a aprendizagem? Quais seriam eles? Como o trabalho desenvolvido em sala de aula influencia este processo?

A concepção construtivista defende que se considere em um processo de aprendizagem aspectos globais como a disposição dos estudantes para esta aprendizagem, os instrumentos, as habilidades, as estratégias que são capazes de utilizar e, principalmente, os conhecimentos prévios que possuem sobre o assunto a ser ensinado. Esses conhecimentos prévios englobam não só conhecimentos sobre o próprio conceito como também relações diretas ou indiretas que o aluno seja capaz de estabelecer com o novo conteúdo (MIRAS, 1997). Desta forma, segundo essa concepção, uma aprendizagem será significativa quando o aluno for capaz de estabelecer relações coerentes entre o que já sabe e o novo conhecimento que lhe está sendo apresentado. A teoria da aprendizagem significativa foi proposta por Ausubel e dentro dessa teoria entende-se que o fator mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (AUSUBEL & COLS, 1980).

Nas entrevistas, muitos dos estudantes afirmaram já terem ouvido falar na talidomida, durante a aula inaugural de Química Orgânica na 3ª série. A grande maioria mencionou também que ouviu falar sobre a talidomida na televisão. Outros alunos mencionaram a internet, leitura de livros didáticos, jornais e revistas. Quanto aos grupos funcionais presentes na estrutura da talidomida, alguns alunos afirmaram que acreditam que, como o composto tem átomo de carbono, hidrogênio e oxigênio, a talidomida poderia ser um álcool. Por que, segundo eles, o álcool causa estrago também na saúde dos consumidores. No que se refere à pergunta de número quatro, alguns alunos responderam que se tratava de um isômero, mas não sabiam que o mesmo era considerado como isômero constitucional.

Após ampla discussão, a professora abordou os seguintes itens: conceitos de grupos funcionais, representação de moléculas orgânicas e isomeria.

Com relação aos testes, as respostas foram analisadas de forma qualitativa, expondo o número de alunos que apresentaram concepções que divergem do conhecimento científico no pré-teste, bem como a evolução das concepções no pós-teste.

3.1. Analisando os testes aplicados antes (pré-teste) e após intervenção didática (pós-teste)

É importante esclarecer que as duas categorias (concepções que divergem do conhecimento científico e concepção científica) foram elaboradas levando-se em conta a sua pertinência dentro da nossa pesquisa, ou seja, a partir de uma análise prévia das respostas dos estudantes e adaptadas às intenções desta

investigação. Assim, após a leitura das respostas dadas pelos estudantes vimos que seria possível conhecer, por meio do pré-teste, as noções dos estudantes no que se refere ao fenômeno de isomeria e que compreensão estes estudantes teriam acerca de conectividade e arranjos espaciais.

A questão de número um do pré-teste e pós-teste permitiu avaliar se o estudante conseguiu reconhecer como isômeros os compostos I e II pelas características comuns existentes entre eles. No pré-teste ocorreu o que já se esperava: dezessete estudantes marcaram a alternativa “a” e seis a alternativa “c”, ou seja, 23 estudantes optaram por justificativas que não condizem com o conceito de isômeros. Apenas dois estudantes acertaram a questão e justificaram ser isômeros planos, pois a cadeia era planar. Esta situação é relevante, em função do desconhecimento, por parte dos alunos, do conteúdo abordado. Entretanto na mesma questão durante o pós-teste, obtivemos respostas satisfatórias pelos 25 estudantes, ou seja, na concepção dos estudantes, os compostos I e II são isômeros por que são diferentes, porém apresentam a mesma fórmula molecular. A justificativa dada pelos 17 estudantes que assinalaram a alternativa “a” era que ambos os compostos possuíam oxigênio na estrutura, já no caso dos seis que assinalaram a alternativa c, eles acreditam que isômeros são compostos iguais. Os dois estudantes que acertaram a questão, já tinham visto o conteúdo.

A questão de número dois foi elaborada com intuito de os estudantes classificarem os tipos de isômeros a partir da observação da fórmula estrutural plana. No pré-teste nenhum estudante assinalou a alternativa “a” o que revela o total desconhecimento sobre o que é isomeria constitucional. A justificativa dada por 18 estudantes é a de que não conheciam o termo constitucional e sim o termo isomeria geométrica (acreditam que a estrutura foi desenhada na forma de uma reta ($\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$) e sete acreditam que os compostos apresentam luminosidade. Porém, no pós-teste 22 estudantes evoluíram conceitualmente ao responder que as estruturas I e II são isômeros constitucionais. Por outro lado, podemos perceber que os compostos I e II são isômeros e se diferenciam na sequência em que os átomos estão unidos uns aos outros na molécula, em outras palavras, quando podemos perceber que os isômeros são diferentes observando sua fórmula estrutural plana. Esta questão conseguiu mostrar que as principais dificuldades na classificação dos isômeros constitucionais são: **a)** reconhecimento dos compostos orgânicos; **b)** nomenclatura oficial dos compostos orgânicos; **c)** construção das fórmulas estruturais dos compostos orgânicos. Nesta questão apenas três estudantes assinalaram a letra “b”.

A questão de número três trata de estereoisômeros, mais conhecida por professores do ensino médio como isomeria geométrica. Conforme os dados obtidos no pré-teste sete estudantes assinalaram a alternativa “a” e dezesseis assinalaram a alternativa “b”. A justificada apresentada pelos dezesseis estudantes é que o carbono está ligado a três hidrogênios. Já os sete acreditavam que o CH_3 em destaque na estrutura era assimétrico. Antes de analisarmos os resultados dos pós-testes, convém destacar que, durante o desenvolvimento do pai-

nel integrado e as oficinas pedagógicas fez-se uso de materiais de fácil aquisição (como bola de isopor, tintas de diferentes cores e palito de churrasco) para a construção e representação de estruturas de algumas moléculas orgânicas. Após a análise das repostas dadas no pós-teste constatamos que os vinte e cinco estudantes, conseguiram assimilar o conceito de isomeria geométrica, constatando assim uma evolução do conhecimento. Nenhuma dificuldade de entendimento por parte dos estudantes foi detectada.

A questão de número quatro avaliou o uso do descritor cis e trans na nomenclatura dos isômeros geométricos. Logo, a questão foi um pouco mais complexa, pois o estudante precisou ter domínio da nomenclatura dos compostos orgânicos. Com relação ao pré-teste notamos que apenas cinco estudantes usaram o descritor cis na nomenclatura para composto I e o descritor trans para o composto II. Observou-se também que onze estudantes acreditavam que o composto I era o isômero trans e o composto II o isômero cis. Nove estudantes, não observaram diferença estrutural entre os compostos e justificaram que eram idênticos, ou seja, representavam o mesmo composto. Logo, usaram a designação cis para os dois compostos. Analisando as respostas dadas pelos estudantes nos pós-testes, observamos que sete alunos persistiram com ideias errôneas em relação ao uso do descritor cis e trans, ou seja, quatro assinalaram a letra “b” e três a letra “c”. Isto pode ter ocorrido pelo fato dos estudantes não compreenderem a utilização de uma linha imaginária que passa pela ligação dupla $C = C$ e a partir daí observar se os maiores grupos de cada carbono estão posicionados de um mesmo lado da linha imaginária ou em lados opostos a essa linha, apontando assim uma dificuldade de entendimento mesmo após realização de atividades em sala de aula.

A questão de número cinco aborda o conceito de quiralidade e simetria em alguns compostos orgânicos, ou melhor, como é possível identificar se um determinado átomo de carbono presente numa molécula é quiral ou não. Conforme os resultados obtidos, observamos no pré-teste que quinze estudantes acreditam que o carbono central é simétrico. A justificativa para tal fato é que como o carbono tem quatro ligantes diferentes ligados a eles, isto confere ao composto um plano de simetria. Ainda no pré-teste seis estudantes assinalaram a letra “a” e quatro a resposta correta, a letra “b”; no entanto as justificativas dadas pelos estudantes estavam erradas. Após desenvolvimento da intervenção didática e aplicação do pós-teste percebemos que todos os estudantes construíram o conceito de simetria e quiralidade. Em suas justificativas eles apontaram que, para o composto ser quiral, significa que o átomo de carbono presente na estrutura esteja ligado a quatro grupos diferentes por meio de ligações simples.

Analisando a questão de número seis, observa-se, de acordo com respostas dadas no pré-teste, que dezesseis estudantes acreditam que a classificação dos enantiômeros está relacionada com a imagem especular, justificando que um composto é enantiômero se for imagem especular do outro. Dois estudantes acreditam que a classificação do enantiômero está relacionada com a simetria da

molécula. Os sete estudantes que acertaram a questão associaram o acerto com a questão de direita e esquerda. Com o desenvolvimento da intervenção pedagógica, observamos que vinte estudantes responderam à questão corretamente e apenas cinco estudantes responderam no pós-teste que a classificação dos enantiômeros está relacionada com a imagem especular.

As respostas reveladas pelo pós-teste apresentaram variações, ora passando pela intuição e pelo senso comum, ora evidenciando noções mais elaboradas. Alguns estudantes, por exemplo, não conseguiram estabelecer uma generalização quanto ao termo enantiômeros e outros, por sua vez, não souberam correlacionar imagem especular com moléculas superponíveis.

A questão de número sete tratou das propriedades de isômeros. A questão demonstra que dois enantiômeros diferem numa propriedade óptica, a qual se conhece como desvio da luz polarizada, cujo valor (medido em graus) será o mesmo para ambos os enantiômeros, porém um desvia o plano da luz polarizada para direita e o outro para a esquerda. De acordo com a análise das respostas dadas pelos estudantes, concluímos que a evolução dos estudantes no pós-teste foi mínima, sendo que, quase metade da turma apresentou dificuldades na aprendizagem por optarem por concepções divergentes do conhecimento científico. No entanto, não podemos deixar de constatar que, em relação ao pré-teste, houve, de maneira geral, um aumento da qualidade das respostas dos estudantes, ainda que alguns argumentos não fossem totalmente precisos. Houve evolução conceitual, uma vez que no pré-teste oito assinalaram a resposta “a”, nove a letra “b” e oito acertaram a questão e a justificaram de maneira errada, ou seja, que o par de enantiômero apresenta ponto de fusão e ebulição diferentes e desvia o plano da luz polarizada. Já no pós-teste dois assinalaram a resposta “a”, nove a letra “b” e quatorze estudantes acertaram à questão, justificando-as corretamente, ou seja, que os enantiômeros têm propriedades físicas iguais e possuem rotação específica diferente.

Na questão de número oito usamos a química dos medicamentos, mais especificamente a talidomida, para enfatizar o fenômeno de mistura racêmica. Em relação à esta questão, percebemos que ela busca contextualizar o ensino de Química, mais especificamente do conteúdo isomeria, pelo conceito de racemato e suas implicações.

Os resultados do pós-teste foram bastante satisfatórios, ou seja, todos os estudantes apresentaram evolução conceitual. Vale salientar que essa evolução é fruto de atividades bem elaboradas, a partir dos resultados obtidos no levantamento das concepções prévias dos estudantes.

Em uma das atividades da intervenção – oficina pedagógica – foi utilizado um texto sobre o medicamento talidomida, o qual foi de grande utilidade para que os alunos compreendessem que a mistura racêmica, é a mistura em quantidades iguais de dois enantiômeros e que apresentam comportamento diferente quando envolvidos com reações com reagentes que também sejam assimétricos. Essa é a explicação para o fato de possuírem diferentes efeitos fisiológicos, como foi visto no texto trabalhado. De acordo com a análise do pré-teste,

observou-se que dez estudantes assinalaram a resposta “b”, doze a resposta “c” e apenas três estudantes a resposta correta, no entanto, as justificativas divergiram do conhecimento científico, sendo elas:

A talidomida é uma mistura de várias substâncias...

O medicamento é uma mistura racêmica, por que qualquer pessoa pode consumir...

É uma mistura de remédios diferentes...

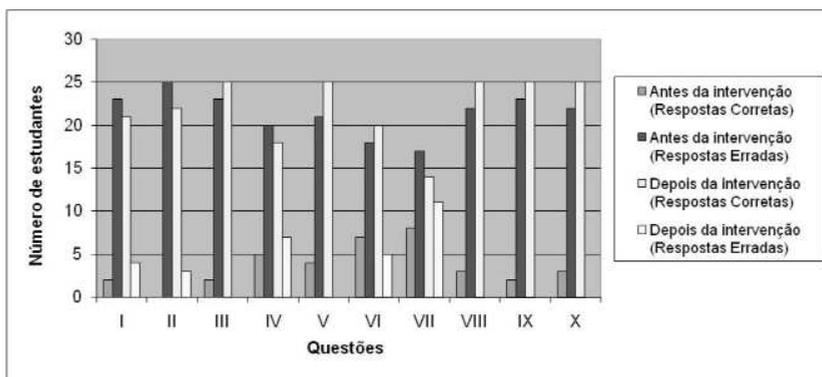
A análise dos dados obtidos da questão de número nove demonstrou que os vinte e cinco estudantes apresentaram melhorias significativas nas suas elaborações. Por si só, esse fato mostra que a aprendizagem teve resultado positivo. Ratificou também que a intervenção didática desenvolvida foi suficiente para que os estudantes construíssem o conceito de isômeros ópticos.

Também observamos que no pós-teste os estudantes distinguem com mais clareza o plano de simetria de um composto de uma molécula assimétrica, e alguns são capazes de associar os isômeros ópticos ao conceito de quiralidade. No pré-teste, sete estudantes assinalaram a letra “a”, dezesseis a letra “b” e apenas dois estudantes assinalaram a resposta correta, mas a justificaram de maneira errada.

Finalmente, a questão de número dez tratou da ocorrência de isomeria óptica. O objetivo da questão foi analisar se os estudantes, a partir da observação de estruturas, seriam capazes de identificar em qual delas existe a presença de carbono quiral. A análise dos resultados das questões mostrou que os vinte e cinco estudantes apresentaram melhorias significativas nas suas elaborações conceituais, no tocante a identificação do carbono quiral. No levantamento das concepções prévias (pré-teste), observou-se que quinze estudantes marcaram a letra “a”, sete a letra “c” e que três estudantes assinalaram a resposta correta, porém a justificativa foi errada, divergindo do descrito na literatura.

Para termos uma melhor ideia da evolução conceitual dos estudantes, representamos pelo gráfico 1 os resultados obtidos referentes ao pré e pós-teste. Comparando os resultados do pré-teste e pós-teste, podemos observar um melhor desempenho dos estudantes, quando lhes foi proporcionado uma intervenção didática utilizando diferentes estratégias de ensino.

Gráfico 1: Concepções Prévias *versus* Evolução Conceitual



4. Considerações Finais

O ensino baseado nas concepções prévias dos estudantes para promover a evolução de conhecimentos é uma ferramenta bastante consistente que pode ser aplicada com mais frequência na sala de aula.

Neste trabalho, construímos um conjunto de atividades e procedemos à aplicação de dois testes (pré-teste e pós-teste) para avaliarmos o desempenho de 25 estudantes da terceira série do ensino médio. Tais testes foram analisados segundo a metodologia qualitativa da análise de conteúdo.

Os dados obtidos e analisados neste trabalho vêm fortalecer o pressuposto de que os estudantes apresentam ideias alternativas sobre determinados conceitos e fenômenos, pois a escola não tem exercido com sucesso sua função de formar uma cultura e um saber científico adequado.

Por outro lado, os dados obtidos no pré-teste aplicado no início da intervenção, conforme apontado anteriormente mostraram que a maior parte dos estudantes analisados, apesar de estarem na última série do ensino médio, apresenta na maior parte das vezes, ideias alternativas sobre o conteúdo trabalhado.

Em análise ao pós-teste, após a elaboração, aplicação e reflexão sobre as aulas ministradas, observamos que os estudantes apresentaram uma melhora significativa em relação aos dados obtidos inicialmente, o que implica que a intervenção didática, até certo ponto, contribuiu para os estudantes ampliarem e aproximarem suas ideias às cientificamente aceitas.

Outro fator, que acreditamos ter contribuído para a evolução conceitual, foram às trocas de ideias entre os estudantes sobre o conceito abordado. Durante as discussões para o desenvolvimento das atividades, as dúvidas, dificuldades, ideias alternativas etc., vinham à tona. Possivelmente por meio desta troca de ideias com os pares, elas foram sendo aproximadas da visão cientificamente aceita.

Observou-se que, com a aplicação das estratégias de ensino, as dificuldades dos estudantes em isomeria constitucional, conformacional e configuracional, diminuíram bastante e assim, espera-se que este trabalho colabore com o professor em tornar o ensino deste assunto mais atraente e compreensível.

Não queremos ratificar com isso que a intervenção didática tenha contribuído para que todos os estudantes, objeto do estudo nesta pesquisa, tenham ampliado suas concepções para outras cientificamente aceitáveis e sim, que as melhoraram, se comparadas ao início de quando se deu a pesquisa.

Finalmente, consideramos que esta investigação contribuiu para a área de ensino de Ciências, além de fornecer subsídios para estudos complementares. Entendemos que os resultados aqui discutidos, bem como a proposta pedagógica envolvendo diferentes estratégias de ensino (painel integrado, painel interativo, oficinas pedagógicas) para o ensino de isomeria, possam ser utilizados por docentes do ensino médio como ponto de partida para outras experiências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. S. *Cognição e Aprendizagem*: como sua aproximação conceptual pode favorecer o desempenho cognitivo e a realização escolar. Psicologia: Teoria, Investigação e Prática, I (1), 17-32, 1996.
- AMARAL, I. A. “Currículo de Ciências: das tendências clássicas aos movimentos atuais de renovação” in: *Os currículos do ensino fundamental para as escolas públicas brasileiras*. São Paulo: Autores Associados, pp. 200-232, 1998.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; E HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BAPTISTA, G. C. S. “Conhecimentos prévios sobre a natureza, prática de ensino e formação docente em Ciências” in: *Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade*, v. 15, n. 26, pp. 199-210, 2006.
- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais para o ensino fundamental. Brasília: Ministério da Educação, 1997.
- CACHAPUZ, A. F (org.). *Perspectivas de Ensino: Formação de Professores – Ciências – Textos de Apoio nº1*. CEEC, Eduardo & Nogueira Ltda. Artes Gráficas, 1ª Edição, Porto, 2000.
- CANAVARRO, J. M. *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora, 1999.
- CANTO, E. L.; PERUZZO, T. M. *Química – na Abordagem do Cotidiano*. 4ª Edição, v. 3, 2007.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A. A história da Ciência iluminando o ensino de visão. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 5, n. 1, p. 83-94, 1998.
- CHI, M. T. H.; GLASER, R.; DAVIES, L. & OLTON, R. M. Expert in problem solving. Em R. Sternberg (Orgs.), *Advances in psychology of human intelligence*, I (pp.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1982.
- COBERN, W. W. “World View, Culture, and Science Education” in: *Science Education International*, v. 5, n. 4, December, pp. 5-8, 1994.
- COVOLAN, S. C. T. & SILVA, D. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A & PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.
- DOMINGUES, J. L.; KOFF, E. D. & MORAES, I. J. “Anotações de Leitura dos Parâmetros Nacionais do Currículo de Ciências” in: BARRETO, Elba Siqueira de Sá (Org.): *Os currículos do ensino fundamental para as escolas brasileiras*, pp. 193-198. São Paulo: Autores Associados, 1998.
- DUIT, R. The Constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice in: STEFFE, L. P. & GALE, J. (Orgs.), *Constructivism in education* (pp.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1995.
- FONSECA, M. R. M. *Completamente Química: Química Orgânica*. FTD: São Paulo, 2001.
- LIBARONE, A. C. L. F. *As concepções alternativas de alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre o Fenômeno do Efeito Estufa*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2007.
- LOPES, A. R. C. “Pluralismo cultural em políticas de currículo nacional” in: MOREIRA, A. F. B. (Org) *Currículo: políticas e práticas*, pp. 59-80. Campinas: Papirus, 1999.
- LOUREIRO, M. J. Concepções alternativas em Física: Conceitos básicos de eletricidade in: E. F. CACHAPUZ (Coord.), *Ensino das Ciências e formação de professores: Projeto MUTARE 2* (pp. 39-74). Aveiro: Universidade de Aveiro, 1993.
- MALDANER, O. A. “Concepções Epistemológicas no Ensino de Ciências” in: ARAGÃO, R. et al. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*, pp. 60-81. Campinas: CAPES/ UNIMEP, 2000.
- MARTINS, I. P. Concepções alternativas sobre a energia nas concepções químicas in: F. CACHAPUZ (Coord.), *Ensino das Ciências e formação de professores: Projeto MUTARE 2* (pp. 7-38). Aveiro: Universidade de Aveiro, 1993.
- MARTINS, C. M. & TOLEDO, M. M (2002). *Análise dos Resultados do Sistema Mineiro de Avaliação das Escolas Públicas: Resultados de Biologia*. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/game/bio3.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2007.
- MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios in: COLL, C. et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo, Ática, 1997.

- MOREIRA, M. A. (1998). A Pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências in: SÁNCHEZ, J. M.; OÑORBE, T. & BUSTAMANTE, G. I. (Editores), *Educación Científica*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, España, 1999.
- MORTIMER, E. F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.
- MORTIMER, E. F. “Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?” em: *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n.1, 1996.
- PRAIA J. F. O trabalho laboratorial no ensino das ciências: contributos para uma reflexão de referência epistemológica in: CNE (Ed.). *Ensino experimental e construção de saberes*. Lisboa: Ministério da Educação, pp. 55-75, 1999.
- SANTOS, M. E. & PRAIA, J. F. Percurso de mudança na Didática das Ciências: Sua fundamentação epistemológica in: F, CACHAPUZ (Org), *Ensino das Ciências e Formação de Professores: Projeto MUTARE 1* (pp. 7-34). Aveiro: Universidade de Aveiro, 1992.
- SILVA, E. L. *Contextualização no Ensino de Química: Ideias e proposições de um grupo de professores sobre ensino contextualizado*. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação Interunidades de Ensino de Ciências, IF, IQ, IB, FE USP, 2007.
- SILVA, D. & LATTOUF, R. *Eletricidade: atividade de ensino coerente com um modelo construtivista*. Proposições, Campinas, v. 7, n. 19, p. 41-57, 1996.

Data recebimento: 10/01/2009

Data aprovação: 23/12/2009

Data versão final: 12/02/2010