

SITUAÇÕES DE ESTUDO EM ENSINO SUPERIOR PARA O CAMPO CONCEITUAL DA REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL

Waldmir Araujo Neto* (PG) e Marcelo Giordan (PQ)

*waldmir@usp.br

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química (LAPEQ) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Avenida da Universidade 308, CEP: 05508-900, São Paulo, SP.

Palavras Chave: *Campo Conceitual, Representação Estrutural, Situações de Estudo, Ensino de Química.*

Introdução

A representação apresenta-se como um construto instigante e muito freqüente nas diferentes vivências pedagógicas, principalmente daquele que se alinha à prática do conhecimento químico. Todos nós temos ou fazemos representações como um dos modos de apreensão das nossas experiências. Como tema para reflexão no pensamento ocidental, a representação foi cultivada como uma maneira de nos informar acerca daquilo que se passa em nossas cabeças quando pensamos.

Para o aprendiz da Química, representar é mais que uma questão independente de estudo. Ela significa condição de possibilidade para a realização de funções teóricas e práticas em sua formação profissional. A tríade (macroscópico-submicroscópico-simbólico) pretende informar sobre a intrínseca relação dessas categorias ontológico-funcionais com o conhecimento químico. Apesar de muitas abordagens, diferentes convicções e inclusive inclinações poéticas como as de Pierre Laszlo¹, faz-se mister continuar uma reflexão que nos situe em relação a uma função de autonomia conceitual acerca da representação na química.

Como um campo de investigação para a Educação em Química, considera-se a participação da representação estrutural como uma função no processo de “alfabetização visual”². Fatores, como qualidade da educação e motivação para o aprendizado, são considerados crescentemente dependentes da ajuda visual que pode ser incorporada nos materiais didáticos utilizados tanto por alunos quanto por professores³.

Nossa pesquisa trata da apropriação da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud⁴ pela educação em química. Estamos particularmente envolvidos na possibilidade de tipificar a noção de representação estrutural como um campo conceitual para o ensino de química. Algumas questões que nos motivam como ponto de partida para esta pesquisa são: qual o papel que a representação estrutural possui como elemento de um processo de construção de significados no ensino superior de química? Qual é a rede de conceitos e conteúdos didáticos envolvida na significação da representação

estrutural pelo aluno do ensino superior de química? Que papel joga a epistemologia de um conceito (e de seus adjacentes) em um Campo Conceitual?

Conforme Vergnaud⁵, a representação é um conceito difícil que muitos pesquisadores preferem cambiar por ‘concepção’, ‘raciocínio’ ou até por ‘codificação’, e que outros têm tentado reduzir a um sistema de produção de regras. Uma das justificativas que Vergnaud apresenta para tomar-se a representação como tema de estudo é o fato de que as palavras e os símbolos que usamos para a comunicação não se referem diretamente a realidade e sim a entidades que estão sendo representadas: objetos, propriedades, relações, processos, ações e construtos, sobre as quais não necessariamente guardamos a mesma construção de sentido ao dialogar com outra pessoa. O caminho para a matemática como uma empreitada racional, não redutível a outras estruturas conceituais, tem início na análise do conhecimento intuitivo que o sujeito carrega consigo desde a mais tenra idade e que atravessa transformações ao longo de seu desenvolvimento.

Gérard Vergnaud considera que sua Teoria dos Campos Conceituais é influenciada pelos trabalhos de Piaget e Vigotski. A influência de Vigotski encontra-se, por exemplo, na assunção de uma forma de ação mediada do professor⁶, ou quando se formula acerca da generalidade do conceito de esquema, que para além de uma forma lógica exclusiva, possui também componentes sociais e lingüísticos.

Neste artigo, nossa atenção particular se volta para uma série de resultados iniciais de nossa pesquisa que permitem desenhar um conjunto de situações de estudo próprias de atividades em ensino superior, as quais se relacionam com disciplinas que tratam diretamente do tema da representação estrutural. Pretendemos ainda explicitar uma articulação teórica no que se refere à participação da linguagem, a partir das construções de Vigotski, em um campo conceitual, bem como propor a premência de funções epistemológicas específicas como elementos que participam da rede de construção de significados durante a aquisição de conceitos.

Marco Teórico

Segundo Vergnaud⁶, o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de processos de elaboração de conceitos específicos, sendo um caminho infrutífero a tentativa de reduzir a complexidade conceitual a um único tipo de lógica geral. O Campo Conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros, atrelados, provavelmente, durante o processo cognitivo. Outras definições, atribuídas pelo próprio Vergnaud aos Campos Conceituais, são: um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados, ou, de forma mais simples, um conjunto de situações cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos de naturezas distintas.

Segundo Moreira⁶, três argumentos principais levaram Vergnaud ao conceito de campo conceitual: um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação; uma situação não se analisa com um só conceito; a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo extenso, com analogias e mal entendidos. O campo conceitual é considerado como uma unidade de estudo que procura dar sentido às dificuldades encontradas no processo de conceitualização do real.

O conceito é definido por Vergnaud como um triplete, $C=(S, I, R)$, no qual: S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é um conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou o conjunto de invariantes reconhecidos pelo sujeito para analisar as situações de estudo; R é o conjunto de representações simbólicas (linguagem, diagramas, gráficos, etc.) utilizadas para indicar os invariantes, as situações e os procedimentos. Ou seja, S é o referente do conceito, I é o significado e R é o significante. No triplete (S, I, R), S é a realidade, (I, R) a representação, considerada a partir do significado (I) e do significante (R).

As situações constituem a entrada de um campo conceitual. A situação é um conjunto de tarefas que dão sentido ao conceito. O conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações. As relações que o sujeito estabelece com as situações e com os significantes proporcionam o sentido. Um significante ou uma situação podem evocar no sujeito esquemas que constituem o sentido dessa situação ou desse significante. O esquema é uma organização invariante para uma determinada situação ou classe de situações. Um esquema é um universal eficiente para um conjunto de situações e pode gerar diferentes seqüências de ações, procedimentos de coleta e controle de informações, dependendo de cada situação característica em particular. Os esquemas necessariamente se referem

a situações, a ponto de Vergnaud considerar o estudo da interação sob a perspectiva *esquema-situação* do que *sujeito-objeto*, como preferia Piaget.

Os componentes de um esquema são: (1) objetivos e antecipações; (2) regras de ação do tipo *se – então* que controlam a informação e proporcionam regras de busca, permitindo a seqüência de ações do sujeito; (3) invariantes operatórios – *teoremas em ação* e *conceitos em ação*, que permitem que o sujeito reconheça os elementos pertinentes à situação e a categoria de informação que corresponde a tal situação; (4) possibilidades de inferência – os raciocínios, que permitem ao sujeito determinar as regras e antecipar informações a partir de invariantes operatórios. A teoria de Vergnaud se afasta da idéia de que um objeto possa ser representado exclusivamente pela via simbólica. A relação situação-esquema é o recurso motriz para a representação.

A proposta de Vergnaud indica que o conhecimento pode ser organizado em campos conceituais constituídos principalmente de conjuntos heterogêneos de situações e problemas. No processo de apreensão desses campos conceituais, os estudantes vão adquirindo concepções e competências. Para Vergnaud, a maior parte de nossos conhecimentos são competências – o saber fazer – que se formam, se desenvolvem, melhoram ou pioram ao longo de nossas vidas. Nesse sentido, as competências parecem estar mais vinculadas à resolução de problemas e as concepções às expressões verbais ou escritas dos sujeitos. Segundo Greca e Moreira⁷, há uma disjunção entre a competência em resolver problemas e suas concepções, atribuídas por meio da expressão verbal do raciocínio que conduziu à solução de tais problemas. Ou seja, estudantes podem resolver adequadamente certos problemas e, no entanto, serem capazes de expressar concepções que entram em conflito com o procedimento obtido.

Essa dissimetria entre os enunciados explicativos das atividades e os seus modos de produção estabelece um alerta para possíveis contribuições que uma aproximação com o círculo de estudos sobre a linguagem pode oferecer. Nesse intuito confiamos-nos a tarefa de esclarecer a participação de Vigotski no jogo de linguagem de um campo conceitual.

Uma das contribuições mais criativas da carreira científica de Vigotski foi a audaciosa proposição de que pensamento e linguagem formam relações dialéticas com a organização e realização das atividades humanas. Sua hipótese relacionou a função mediadora dos instrumentos nas atividades produtivas à natureza mediada de um rol ampliado de atividades humanas, entre as quais se incluem as funções mentais superiores. Vigotski propõe a existência de vínculos genéticos entre as formas de trabalho, mediadas por instrumentos, e o desenvolvimento das formas de comunicação, que

são essencialmente mediadas por palavras e outros signos. Ao longo deste desenvolvimento, as formas de comunicação servem ao duplo propósito de regular as relações sociais que se estabelecem nas situações de trabalho e de organizar os processos instrumentais pelos quais se realizam as atividades de trabalho.

A contribuição original de Vigotski está em transpor essa tese do desenvolvimento humano da perspectiva do materialismo histórico para a perspectiva do sujeito na sua própria história de vida, ou seja, na ontogênese. Para justificar essa hipótese, Vigotski tinha em mente uma outra noção de história, além da perspectiva do materialismo histórico, que é a 'abordagem dialética geral das coisas', conforme ele explicita na nota introdutória do 'Manuscrito de 1929'. A dialética, entendida como um método, engendra, por meio de sínteses abstratas da realidade objetiva, um movimento de produção de conhecimento, que na proposição marxista nos leva a compreender as múltiplas determinações da realidade objetiva. Na perspectiva vigotskiana, ambas as noções de história, o materialismo histórico e o materialismo dialético, estão unidas (síntese) no psiquismo humano. Este é um dos fundamentos do pensamento vigotskiano.

Para Vigotski, a linguagem é uma maneira de selecionar formas do pensar sobre as coisas. O pensamento organiza a percepção e a ação; e estes refletem as ferramentas ou instrumentos disponíveis na cultura que serão utilizados na execução da ação. A linguagem é o meio no qual ocorre a comunicação da mente através da história. Essa comunicação é efetuada por sucessivas partilhas mentais que asseguram o compartilhamento de idéias dos mais capazes e avançados para os menos. Vigotski vê a linguagem refletindo a vida do indivíduo na história e suas formas de uso refletem a história do ser humano⁸.

Tradicionalmente, o debate sobre a formação de conceitos no pensamento de Vigotski tem sido realizado em torno da última obra produzida em vida por ele, 'Pensamento e Linguagem'⁹. O capítulo 'O desenvolvimento do pensamento do adolescente e a formação de conceitos' é o mais extenso, inclui originalmente o estudo experimental sobre desenvolvimento de conceitos e por estas razões é onde encontramos as principais idéias de Vigotski sobre a formação de conceitos. Nas seções iniciais, Vigotski trata de desatrelar as linhas de desenvolvimento natural e cultural. Desta feita, porém, a crítica centra-se na tese de que conteúdo e forma de pensamento se desenvolvem separadamente, isto porque os psicólogos idealistas não reconheciam diferenças substanciais entre as naturezas do pensamento infantil e do adolescente. Ele se refere ao conteúdo do pensamento como uma magnitude social e historicamente condicionada, que é atinente ao campo das idéias. Já, as formas de pensamento são relativas às atividades mentais.

Para Vigotski, um conteúdo novo não pode surgir sem formas novas de pensamento porque na sua perspectiva conteúdo e forma são pares dialéticos, do mesmo modo que estrutura e função também o são. Ao mencionar o pensamento por conceitos, Vigotski o toma como uma nova forma de atividade intelectual, um novo modo de conduta, um novo mecanismo intelectual, que se diferencia de outras atividades por ser uma função com estrutura e composição próprias. Na adolescência, a passagem ao pensamento por conceitos está vinculada à inserção do sujeito no mundo da consciência social objetiva, no mundo das ideologias sociais, como ciência, arte, religião e outras esferas ideológicas, cujas correspondências com a realidade objetiva se desenvolvem por meio de sínteses abstratas peculiares, ou seja, por meio de sistemas conceituais construídos historicamente. Portanto, os fatores orientadores das transformações de forma e conteúdo do pensamento do adolescente são de natureza social, ou seja, a inserção do adolescente em esferas ideológicas, que lhe permite interagir com o outro, com a realidade objetiva e adquirir novos mecanismos de conduta, é a responsável por colocá-lo na arena das relações sociais onde o pensamento por conceitos é o fator estrutural das atividades. Assim, nesta perspectiva histórica e dialética, não é possível conceber forma e conteúdo de pensamento como sendo desvinculados.

À guisa de preparar sua exposição sobre os estudos experimentais de desenvolvimento de conceitos, Vigotski, mencionando explicitamente as formas de pensamento lógico-verbal típicas das ciências naturais e sociais, sugere que a formação de conceitos é justamente o núcleo fundamental que aglutina todas as mudanças que se produzem no pensamento do adolescente¹⁰. Assim, sua investigação parte da crítica às limitações dos estudos realizados por Ach e Rimat, que apesar de terem contribuído para refutar a interpretação associacionista da formação de conceitos, invocam fatores como o objetivo da tarefa e as necessidades criadas nas situações de resolução de problemas que revelariam o caráter teleológico desses estudos.

O achado fundamental de um outro conjunto de experimentos, estruturados na resolução de problemas exclusivamente com base no pensamento verbal, indica que as relações de generalidade entre os conceitos têm uma ligação dinâmica com a estrutura de generalização (a três fases do desenvolvimento do pensamento, imagens sincréticas, complexos, conceitos), de tal modo que cada fase de desenvolvimento do significado da palavra tem seu sistema específico de generalidade, suas relações entre os conceitos mais gerais ou mais particulares, mais concretos ou mais abstratos. Somente em estágios mais avançados do desenvolvimento do significado da palavra, se pode observar a possibilidade de designar conceitos com ajuda de outros conceitos. Para interpretar esse

fenômeno, é necessário considerar a existência de um sistema de conceitos que permita verificar como ocorre a vinculação entre eles. Tal sistema conceitual foi concebido com base em uma analogia com o sistema de coordenadas geográficas da Terra. A distância entre os pólos de máxima concretude e máxima abstração foi chamado de longitude do conceito. A medida de latitude do conceito foi relacionada às diferentes esferas da realidade, às quais o conceito se refere. Ambas as posições do conceito no sistema conceitual permitem localizá-lo em termos do ato de pensamento que nele se encerra e do objeto que ele representa. Esta combinação de posições Vigotski denominou de *medida de generalidade* do conceito¹⁰.

A partir de constatações sobre a natureza estrutural, funcional e genética da fala interna, que não abordamos neste texto em razão das limitações de espaço, o problema que se coloca mais evidente para Vigotski ao final de 'Pensamento e Linguagem' é o mesmo que mobiliza muitos a investigar as situações de sala de aula: quais são as características fundamentais da semântica da fala interna que podem nos desvelar a formação de significados? Para responder essa questão, Vigotski sugere que o *sentido* prevaleça sobre o significado da palavra. Ele empresta de Pauhlan, psicólogo francês estudioso da cognição, a idéia de que o sentido é a soma de todos os acontecimentos psicológicos evocados na consciência pela palavra, o que lhe confere um caráter dinâmico, variável e complexo com zonas de estabilidade diferentes. Dentre as zonas de estabilidade do sentido, o significado seria a mais estável, coerente e precisa. A formação das zonas de estabilidade se dá no contexto e é a sua modificação, provocada pelas situações que imprime variabilidade ao sentido da palavra. A relação entre sentido e contexto se encontra no fato de que 'a palavra está inserida em um contexto do qual toma seu conteúdo intelectual e afetivo, se impregna desse conteúdo e passa a significar mais ou menos do que significa isoladamente e fora do contexto: mais porque se amplia seu repertório de significados, adquirindo novas áreas de conteúdo; menos, porque o contexto em questão limita e torna concreto seu significado abstrato' Essa aproximação nos coloca diante da impossibilidade de abarcarmos o sentido completo das palavras, justamente porque o contexto de sua expressão limita os acontecimentos psicológicos evocados na consciência. Portanto, o significado singular, único da palavra nada mais é do que uma potência que se realiza na linguagem viva por meio do sentido adquirido pela palavra na situação específica.

A razão para introduzir o sentido nos estudos de formação da fala interna está no fato de Vigotski identificar nesta formação um caráter dinâmico e variável que não poderia ser interpretado unicamente pelas formações relativamente estabilizadas da fala social. Se considerarmos que a noção de contexto

serve para interpretar como ocorre a realização da formação relativamente estabilizada da fala social, entenderemos que a variabilidade de contextos, em razão da variação espaço-temporal, temática e principalmente de interlocutores, nos leva a admitir a influência dos diversos contextos sobre os acontecimentos psicológicos que ocorrem na consciência quando a palavra é evocada, ou seja, a influência do sentido sobre a realização do significado, ou ainda a preponderância do sentido sobre o significado. Como a atuação sincrônica em mais de um contexto ainda é uma impossibilidade física (real), deve-se admitir que apenas uma zona do sentido da palavra, a mais estável ou a mais familiar à situação, seja evocada. Mas essa impossibilidade física não elimina a influência de outras formações estabilizadas da fala social sobre aquela que é evocada na situação. Assim, o significado da palavra é aquela zona mais estável que emerge após ter se banhado no mar dos sentidos.

Para além da vinculação entre os invariantes operatórios e as formas de representação, e sua aproximação com as noções de sistema de generalidade e produção de sentido, podemos avaliar que a confluência entre as questões apresentadas por Vigotski e os Campos Conceituais, no sentido do triplete proposto por Vergnaud, se expande na direção de compreendermos a noção de situação de estudo a partir de conceitos como mediação instrumental e atividade.

Metodologia

Na teoria dos campos conceituais o conceito de situação é um elemento central. Para Vergnaud⁴, uma situação pode ser entendida como uma tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas. Isso quer dizer que é a partir do confronto com situações e do domínio progressivo sobre elas que o sujeito forma os campos conceituais que definem seu conhecimento.

A ampla discussão que vem sendo realizada acerca da formulação e utilização do referencial dos campos conceituais na física^{7,11} conduziu a uma reflexão acerca desse conjunto de estratégias para o trabalho com situações de estudo em um campo conceitual. Um dos primeiros movimentos apontados nessa literatura indica a classificação das situações de estudo desde o ponto de vista da análise das tarefas e dos procedimentos postos em jogo em cada uma delas. As pesquisas que foram formuladas para campos conceituais da física se referem à distinção entre os campos a partir da dificuldade de conceitualização dos modelos e teorias que interpretam a realidade. Desse modo, poderíamos falar dos campos conceituais da mecânica, da eletricidade, da termologia, da relatividade. A fronteira entre campos conceituais poderia ser dada a partir de dois critérios: (1) a compreensão de elementos em

um desses campos não é condição suficiente, nem necessária, para a compreensão de situações no outro campo conceitual; (2) os tipos de situações, problemas, procedimentos, conceitos e teoremas envolvidos nestes campos podem ser tratados consistentemente de forma independente.

O que pretendemos com nosso projeto de pesquisa é dar conta da possibilidade de transpor a noção de campo conceitual para o ensino de química. Devemos então atacar a tarefa de definir o contorno de um campo conceitual, procurar demarcações, ainda que provisórias, para a função das situações em nosso campo. Reconhecemos a indicação “a priori” da representação estrutural como um campo conceitual em química, contudo, temos evidências da possibilidade de falsificar uma tentativa de simetria com os contornos definidos para a física. Ou seja, não poderíamos oferecer como campos conceituais na química os grandes grupos temáticos da química: geral, inorgânica e orgânica, por exemplo. A própria noção de representação estrutural avança por sobre diferentes domínios da química.

Nossa estratégia metodológica propõe-se a buscar elementos para a enunciação de situações de estudo a partir das vivências em salas de aula do ensino superior. A investigação prevê o estabelecimento de um “contrato de pesquisa” no qual o professor de uma disciplina que possua interseção com o domínio da representação estrutural, permita que sejam filmadas suas aulas durante o semestre letivo. A necessidade de autorização se estende para os alunos (ouvintes e inscritos) da turma pois solicita-se a permissão de copiar (sem identificar a pessoa) testes, provas, exames e atividades solicitadas pelo professor durante o curso. O que apresentamos aqui é um relato “em serviço” das atividades do projeto. Três contratos foram cumpridos no ano de 2005, estamos cumprindo outros dois nesse ano de 2006 e mais dois já foram negociados para o segundo semestre desse ano. Normalmente executamos mais de um contrato na mesma instituição de ensino.

Os contratos de pesquisa fornecem diferentes quantidades de material de áudio, vídeo e escrito, dependendo da carga e proposta de cada disciplina. O material de vídeo é obtido em fita de 8mm e depois convertido para meio digital.

Foram consignados contratos de pesquisa com 3 tipos de instituições de ensino superior, a saber, duas universidades e um centro federal de educação tecnológica. Nosso alvo são os cursos de licenciatura e bacharelado em química. Pesquisamos até o momento as disciplinas: química orgânica I, química geral estrutural, estereoquímica (em duas instituições) e introdução aos compostos de coordenação.

Os resultados são formulados em episódios e amplamente orientados pelo áudio e imagens obtidas, mas na mesma medida, também por

conversas com os professores e por anotações realizadas em tempo de aula.

Na metodologia aqui proposta destacamos a possibilidade de aferir diferentes situações de estudo que procuram dar conta de uma mesma competência, que deliberadamente chamamos “habilidade espacial”.

Temos ciência de que nossa técnica de registro avança por sobre as atividades do ensino superior e, em boa medida, promove inibição quanto à participação dos alunos, pelo menos no início da convivência com os alunos em sala de aula. Isso tende a diminuir a partir da segunda semana.

Em um trabalho recente¹², propusemos uma estratégia metodológica global para atacar o problema do campo conceitual. Nela detalhamos nossas concepções acerca da validade de investigação da sala de aula para a constituição de situações de estudo, em detrimento da submissão de aprendizes de um campo a uma série programada de resolução de problemas.

A partir do conjunto de episódios de sala de aula obtidos por intermédio de nossas técnicas de registro, enunciaremos aqui três situações que propomos compor o campo conceitual da representação estrutural. A Tabela 1 apresenta algumas características das duas disciplinas que revelaram as situações de estudo nesse trabalho

Tabela 1. Qualificação das situações de estudo nas duas instituições de ensino pesquisadas.

Disciplina	Alunos	Período
Química Geral Estrutural	44	1º
Int. Compostos de Coordenação	31	5º

As três situações foram selecionadas em função de suas formas típicas de conteúdo, as quais envolvem a possibilidade de explorar e envolver o tema da “habilidade espacial”.

Resultados e Discussão

Apresentaremos em seguida três situações relacionadas ao estudo da representação estrutural, pesquisadas nas salas de aula de ensino superior. Elas se referem às atividades que focalizam, a partir de contextos no conhecimento químico, a habilidade espacial para solucionar problemas: (1) postos a partir da representação de entidades da química ou (2) de transposição de uma categoria de representação para outra.

A habilidade espacial se relaciona com a capacidade de reter, recuperar e transformar informação visual no contexto espacial. Alguns fatores que compõem a habilidade espacial podem ser indicados como: (1) orientação espacial; (2) memória de localização espacial; (3) mira; (4)

visualização espacial; (5) desassociação de objetos; (6) percepção espacial. Dessas seis, acreditamos que a orientação, visualização e percepção, estão diretamente implicadas nas situações que destacamos nesse trabalho, por isso passamos a detalhar suas características¹³.

Orientação espacial é a habilidade de estimar modificações na orientação de um objeto. Esta habilidade é avaliada com testes que apresentam objetos em 2D ou 3D rotados no espaço.

Visualização espacial é a habilidade de reconhecer e quantificar a orientação modificada em uma cena ou vista. Essa habilidade não requer o reconhecimento da rotação de objetos, mas a capacidade de estimar sua posição em relação a um referencial estático.

Percepção espacial é a habilidade de determinar a prevalência da direção horizontal ou vertical em uma cena composta.

SITUAÇÃO 1 – ELEMENTOS DE SIMETRIA NO NORBORNANO

Proposição feita para os alunos: indique os planos de simetria presentes na molécula do norbornano, conforme a seguir.

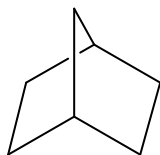


Figura 1. Uma representação estrutural para a molécula do norbornano

OBS: a representação do tamanho da ponte está aumentada para privilegiar sua visualização.

Esta situação foi proposta após a apresentação das definições de centro, plano e eixo de simetria, e da demonstração de seus usos tendo-se como referência compostos cíclicos análogos a formas geométricas (e.g. ciclopropano, ciclobutano e ciclopentano).

Os planos de simetria indicados pelos alunos são os que cortam os pontos vermelhos nas figuras a seguir:

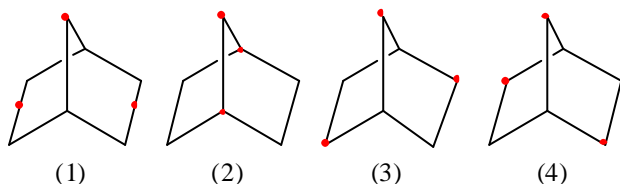


Figura 2. Planos de simetria propostos como solução para a situação.

Essa situação foi conduzida em tempo de aula. Os alunos, que trabalharam independentemente, tiveram acesso a um modelo de

varetas durante a tentativa de solução. Somente os planos decorrentes das representações (1) e (2) na figura 2 podem ser considerados como planos de simetria. O plano de simetria (s) é um elemento hipotético espacial que secciona a molécula em duas partes tais que cada átomo em um lado do plano encontra um átomo similar na metade oposta, à mesma distância.

Nas proposições (3) e (4) temos que o plano proposto desconsidera: a impropriedade de simetria gerada pelos hidrogênios do carbono da ponte; que a figura geométrica análoga (hexágono) está deformada devido à tensão provocada pela ponte.

SITUAÇÃO 2 – ESTRUTURAS DE COMPLEXOS COM NÚMERO DE COORDENAÇÃO SEIS

Proposição feita aos alunos: considerando que as formas estruturais possíveis para complexos de número de coordenação seis são a octaédrica e a trigonal prismática, quais são as razões para a diferente ocorrência desses complexos?

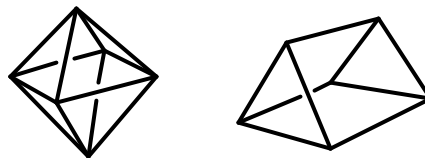
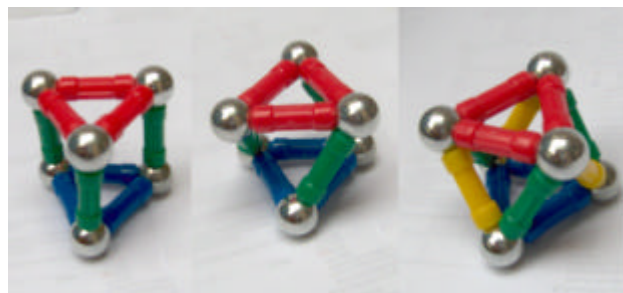


Figura 3. Representação para um octaedro e um prisma trigonal.

Essa atividade foi proposta por meio da manipulação de peças do brinquedo magnetix®. O objetivo é encontrar na manipulação das formas através do brinquedo uma justificativa para o fato de que alguns complexos de número de coordenação seis se apresentam na forma octaédrica e outros na forma prismática trigonal.



(1) (2) (3)

Figura 4. Modelos para a forma estrutural tipo prisma trigonal (1), prisma tensionado (2) e octaedro (3), a partir do brinquedo magnetix®

Essa atividade implicou, no primeiro momento, a dificuldade de construir a forma geométrica inicial correspondente. Em segundo lugar é muito restrita a percepção de que a forma prismática trigonal se desdobra em uma forma octaédrica pela aproximação das duas faces opostas,

com rotação das arestas ortogonais a essas faces. Contudo, dada a apresentação do movimento realizado os alunos conseguem repetir o esquema da transformação sem muitos problemas.

SITUAÇÃO 3 – PROJEÇÕES DE NEWMAN A PARTIR DE ESTRUTURAS BASTÃO.

Proposição feita aos alunos: faça as projeções de Newman correspondentes aos observadores situados conforme as setas 1, 2 e 3 (figura 4).

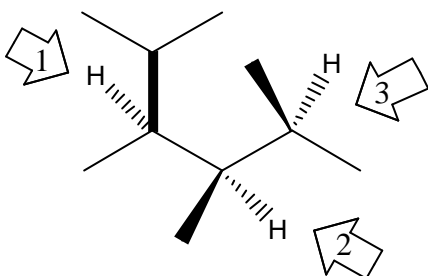


Figura 4. Representação bastão, com estereoquímica definida, para o 2,3,4,5-tetrametil-hexano.

Na projeção de Newman o átomo de carbono é desenhado com um círculo que eclipsa completamente o carbono de trás. Vê-se a representação da molécula ao longo de um eixo, de tal modo que os ligantes de cada carbono do eixo são representados em um ângulo de 120° .

Essa atividade foi conduzida sem o auxílio de modelos materiais. A proposição foi feita no quadro e cada aluno fez suas anotações. Durante a atividade o professor estimulou a utilização de recursos corporais, tais como a simulação da projeção por meio dos dedos e dos braços. As projeções obtidas pelos alunos discordaram minimamente da resposta elaborada pelo professor. O professor definiu como deveriam ser as projeções, desenhando seu esqueleto sempre em conformações não-eclipsadas.

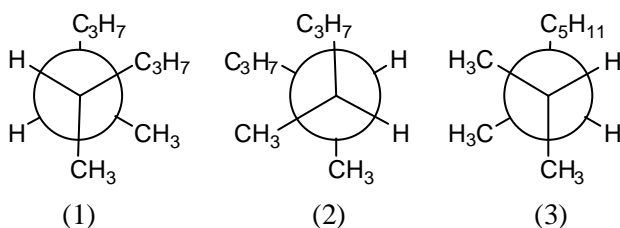


Figura 5. Projeções de Newman para os observadores 1, 2 e 3 em relação à estereoquímica definida do 2,3,4,5-tetrametil-hexano.

Nessa atividade, ao marcar-se a forma da projeção que deve ser representada, estão sendo combinadas tanto a capacidade de visualizar espacialmente quanto o problema da rotação.

Conclusões

É importante indicar que continuamos a considerar extremamente valiosa a alternativa de pesquisa em situações de estudo a partir de registros em sala de aula. É necessário confrontar nossa expectativa positiva com a fala dos aprendizes das turmas que pesquisamos, contudo, podemos inferir que é, em boa medida, a partir das atividades propostas em sala que são estabelecidos os guias de estudo para as avaliações. Ou seja, as situações de estudo provocadas em sala são situações típicas que são utilizadas como referência para a solução de outros problemas.

Há uma ampla diversidade de habilidades espaciais nos grupos pesquisados. Aparentemente, não relacionada com sua competência geral em resolver outros tipos de problemas. Quer dizer, alunos competentes em outras categorias de atividades (química geral, por exemplo) não desempenham necessariamente as atividades do campo da representação estrutural com a mesma destreza. Na atividade de operação dos modelos materiais magnetix® a partir de representações em papel, muitos alunos se viram com razoáveis dificuldades.

A habilidade espacial está relacionada com a capacidade de o aprendiz conseguir situar visualmente o objeto. Mesmo tendo entendido os códigos e convenções da representação, o desenho pode parecer sem “sentido” para o sujeito. Nesse caso, na situação 3, uma etapa crucial é conseguir atribuir sentido ao que está sendo representado. Isso posto, colocar-se em relação aos observadores passa a ser resultado de uma percepção plana entre esquerda e direita.

Até esse momento na pesquisa pode-se indicar que o tempo não desempenha papel de facilitador da capacidade de visualização. Por mais tempo que seja dada para a resolução da atividade, se o sujeito não situa visualmente o objeto, não consegue dar prosseguimento, mesmo conhecendo os códigos e convenções.

As propriedades geométricas escondidas promovem imprecisão na visualização, mesmo quando o sujeito tem acesso a um modelo material que as explicita. Na situação 1, a tentativa de solução para a situação dos planos de simetria do norbornano, é fundamentada na simetria de um hexágono regular, que, em verdade, possuiria tantos planos de simetria quantos os assinalados pelos alunos. Contudo, a ponte existente na molécula do norbornano provoca uma deformação na geometria hexagonal associada. Essa deformação é desconsiderada pelos sujeitos ao formularem suas respostas.

Nesse momento da pesquisa não nos preocupamos com a possibilidade de explicitar os invariantes operatórios subjacentes a esse conjunto de situações. Enfatizamos a necessidade de conhecer com rigor os perfis de produção existentes em cada situação de estudo e procurar entender os limites de nossas técnicas de registro.

As representações estruturais apresentam-se como possíveis signos na tese semiótica de Vigotski, regulando as situações de estudo. Há uma tensão dialética entre a função mental superior associada e o quadro de realidade objetiva do sujeito que realiza a tarefa. Quando Vigotski nos provoca em relação à existência de um processo dialético entre estrutura e função, verificamos a pertinência de seu referencial teórico para esclarecimento do campo conceitual da representação estrutural. É na multiplicidade das situações que encontramos a estabilidade do sentido que evoca permanentemente funções espaciais para a consecução das atividades propostas no ambiente de sala de aula. Parece crucial a demarcação do contexto de produção dessas situações, ainda não totalmente esclarecido em nossa pesquisa.

O que nos espera adiante é a necessidade de entender as relações entre os conteúdos específicos do conhecimento químico com aqueles que se manifestam presentes em função da premência de uma competência espacial. Acreditamos que essa relação é semiótica e carece de uma fundamentação mais rigorosa em nossos estudos. Seguimos cientes de que as situações que revelamos neste trabalho compõem um conjunto crítico de atividades, que envolvem o aprendiz do ensino superior de química em uma nova forma de olhar alguns tipos de materiais. São atividades que estão no interior da formação do profissional da química, e que compõem um importante campo conceitual de estudo nesta área.

¹³ Kimura, D. *Sex and Cognition*. 1999, Cambridge: MIT Press

Agradecimentos

Departamento de Química Orgânica da
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Departamento de Química Inorgânica da
Universidade Federal Fluminense

¹ Laszlo P. *A Palavra das Coisas ou a Linguagem da Química*. Lisboa: Gradiva, 1995.

² Ferk, V., Vrtacnik, M. *International Journal of Science Education*. 2003, 25(10): 1227-1245.

³ Messaris, P. *Journal of Communication*. 1998, 48: 70-80.

⁴ Vergnaud, G. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*. 1990, 10(23): 133-170.

⁵ Vergnaud, G. *Journal of Mathematical Behavior*. 1998, 17 (2): 167-181.

⁶ Moreira, M. A.. *Investigações em Ensino de Ciências*. 2002, 7(1): 1-17.

⁷ Greca, I. M.; Moreira, M. A. *Investigações em Ensino de Ciências*. 2002, 7(1):31-53.

⁸ Sirgado, A. P. *Em Aberto*. 1990, 48, 61-67.

⁹ Vigotski, L. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2001, São Paulo: Martins Fontes.

¹⁰ Vigotski, L.. *Paidologia del adolescente*. In: obras escogidas. 1996 Tomo IV. Madrid: Visor Distribuciones.

¹¹ Souza, C. M. S. G.; Fávero, M. H. *Investigações em Ensino de Ciências*. 2002, 7(1).

¹² Araujo Neto, W.; Giordan, M. *Atas do 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. 2005, Bauru, ABRAPEC.

25ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química - SBQ