

# Estudo semiótico sobre o conteúdo espacial simbólico em avaliações do ensino superior de química

## Semiotic study of the Symbolic content on undergraduate tests

### Resumo

O estudo investiga formas de uso do conteúdo espacial simbólico, por meio da análise de avaliações (provas e testes) de uma disciplina do ensino superior de química. O quadro teórico de referência combina categorias do signo de Charles Peirce com funções simbólicas da fenomenologia de Ernst Cassirer. Sob o ponto de vista metodológico consideramos dois sentidos como estratégias na investigação: (i) compreender processos de assinalação de identidade e de (ii) situações de câmbio representativo. Essa escolha remete ao objetivo geral de apreender as estratégias em uso para fornecer atribuições ontológicas a partir de processos de representação estrutural. Procedemos uma análise dos padrões de resultados considerando o sucesso alcançado pelos aprendizes em quatro tipos de exercícios. Os resultados demonstram que uma boa parte dos aprendizes opta por fazer a atribuição ontológica a partir de um processo direto de câmbio representativo, ancorado em suas próprias habilidades espaciais, distanciando-se dos atributos simbólicos e de caráter representativo.

**Palavras-chave:** Representação estrutural, semiótica, ontologia, ensino superior, habilidade espacial.

### Abstract

The study investigates the uses of symbolic content from undergraduate exams and tests. The philosophical-theoretical framework combines the semiotic of Charles Peirce and the symbolic functions from Ernst Cassirer's phenomenology. Our methodological strategy considers two main ways: (i) identity attribution processes and (ii) representation change situations. These choice concerns to the possibility of understanding the uses provided by the beginners in undergraduate classes when working with ontology attribution over structure representation. The results demonstrate that the students prefer to use their own spatial abilities to make ontological attributions in detriment to the symbolical aspects inherent to the stereochemical characteristics.

**Key words:** Structure representation, semiotics, ontology, undergraduate courses, spatial ability.

### Introdução

O conteúdo espacial simbólico participa em muitos processos de representação estrutural no Ensino de Química. Caracterizamos como conteúdo espacial simbólico o conjunto de regras implicadas nas orientações que servem como critério de demarcação entre o que pode e o que não pode ser feito ao representar um ente químico com *lápiz e papel*. Mesmo com o advento das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), os procedimentos de representação em papel são permanentemente ensinados durante a formação inicial dos químicos. Esses procedimentos logram espaço privilegiado inclusive quanto a serem configurados como ferramentas heurísticas para a inferência de novas

ontologias, nas áreas de síntese, fármacos e compostos bio-ativos, por exemplo. Durante tais processos, o praticante da química põe em jogo um conjunto de habilidades que estão em estreita relação com a ordem geométrica do ente químico, tanto no sentido de sua topologia, quanto no de sua estrutura.

No interior da área de educação, os estudos sobre o conteúdo simbólico dos signos em diferentes exercícios semióticos provém tanto das investigações acerca da habilidade espacial, em situações prioritariamente situadas no Ensino de Matemática (LEBLANC; JOLICOEUR, 2010), quanto de exemplares concernentes ao ensino de química (TALANQUER, 2011; GKITZIA, et al., 2011). Os estudos sobre habilidade espacial focalizam, por exemplo, os recursos de atenção que podem ser oferecidos pelo uso de signos em caráter simbólico, potencializando processos de aprendizagem com o uso de mecanismos de atenção e de favorecimento da percepção da posição relativa ou absoluta de um objeto. Já os estudos em ensino de química focalizam diferentes questões do processo representativo para o domínio da química (e.g. desenhos, fórmulas), principalmente em livros texto.

Em nossa investigação, acreditamos que o conteúdo espacial simbólico contribui como um elemento de constituição da matriz ontológica que caracteriza o ente químico, e nesse sentido, colabora para os processos de domínio e apropriação conceitual, levando o aprendiz a entender e inferir propriedades das diferentes espécies químicas. Nosso quadro teórico de referência considera que há um conjunto de funções semióticas específicas e com atribuição simbólica, que são ontologicamente implicadas nesses entes (LEYTON, 1992; CHINEN, 1987). Nesta etapa de nossa pesquisa, tais funções estão sendo investigadas por meio do estudo de um conjunto de avaliações (provas e testes) de uma disciplina do ensino superior. Desejamos entender como esses conteúdos fornecem restrições ao processo de representação, e colaboram para sua atribuição ontológica a partir da semiose que é posta em jogo em exercícios e problemas propostos aos aprendizes durante processos de avaliação. No presente ensaio, oferecemos nossos resultados iniciais desse segmento da pesquisa ainda pouco considerado na literatura.

## Quadro teórico-filosófico de referência

Nosso quadro teórico filosófico de referência alinha-se na busca por uma função representativa exclusiva para a química, a partir das formas de uso da noção de representação estrutural em situações de estudo no ensino superior de química. Nossas investigações demonstraram a fertilidade e o vigor que advém da integração em perspectiva semiótica das propostas analíticas derivadas dos trabalhos de Charles Peirce (PEIRCE, 2003) e Ernst Cassirer (CASSIRER, 1998). A partir dessa nova interpretação, consideramos que além de um conjunto de potencialidades linguísticas, o signo pode assumir-se como ação, movimento e ato. Ele pode incluir o próprio estado das coisas e trazer para sua semiose os efeitos interpretativos que parecerem ser de primeira ordem na determinação da eficácia dos potenciais explicativos em curso durante atividades didáticas em química.

Os processos interpretativos que advém da representação por meio de signos não precisam ser bem organizados, e sua intenção é permitir uma análise primária do mundo (PEIRCE, 2003). Para Peirce tudo pode ser signo, e o signo é sempre mediador no processo representativo. Na perspectiva representativa proposta por Peirce pode ser associado ao signo qualquer coisa, de qualquer espécie, que representa uma coisa, chamada de objeto do signo.

São três os tipos de relação que um signo pode ter com seu objeto. Se o fundamento da relação do signo com o objeto for de qualidade, o signo será um *ícone*. Quando a relação é de existência, o signo é um *índice*. No caso de uma relação de condicionamento por meio de leis, o signo é um *símbolo*. Santaella (2005) apresenta três verbos: sugerir, indicar e representar, para uma designação de conteúdo semântico de ícones, índices e símbolos, respectivamente.

Ícones são signos que fazem referência aos seus objetos por similaridade. O ícone é um signo que possui algo de semelhante com o objeto representado. Os signos icônicos são divididos em: imagem, diagrama e metáfora. A imagem estabelece uma relação de semelhança com seu objeto somente no nível da aparência. O diagrama representa seu objeto por similaridade de relações internas. E a metáfora representa seu objeto por similaridade no significado, ocorre um processo de identificação entre representante e o representado.

Índices são signos que permitem estabelecer uma conexão existencial e singular entre representante e representado. O índice é um signo que se refere ao objeto denotado em virtude de ser diretamente afetado por esse objeto. Quando o sistema representativo é organizado por meio de leis, acordos, ou um sistema de enunciados organizativos, tem-se a ação de um símbolo. O símbolo é um signo que se refere ao seu objeto em virtude de uma associação de idéias produzida por uma convenção. O caráter representativo de um símbolo consiste em ser uma regra que determinará seu interpretante. Palavras e frases são símbolos. Um símbolo é uma lei ou um conjunto de leis, uma regularidade. Um símbolo genuíno é aquele que possui significado geral (PEIRCE, 2003, p. 71).

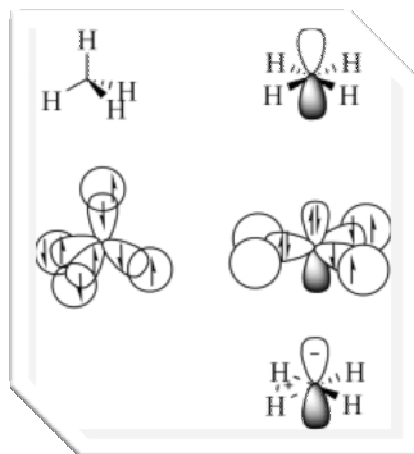
Como nos informa Santaella e Nöth (2005), é por meio da força de uma idéia em uso por um sujeito que o símbolo se relaciona com seu objeto. O símbolo não se liga àquilo que representa por meio de similaridade (caso do ícone), nem por conexão causal, factual, física ou concreta (caso do índice). No caso do símbolo, para esses autores, e a partir da classificação do processo representativo simbólico, prevalece a mediação.

A relação entre símbolo e seu objeto se dá através de uma mediação, normalmente uma associação de idéias que opera de modo a fazer com que o símbolo seja interpretado como se referindo àquele objeto. Essa associação de idéias é um hábito ou lei adquirida que fará com que o símbolo seja tomado como representativo de algo diferente dele. Para assim funcionar ele é uma lei, uma regra que determinará que seja interpretado como se referindo a um dado objeto (SANTAELLA e NÖTH, 2005, p. 63).

Assim como no caso dos signos gráficos da representação estrutural, os símbolos não possuem existência concreta, não são coisas com uma singularidade, com existência. Durante os processos de representação adotados nos domínios do ensino de química, as formas de uso de tais signos gráficos oferecem uma oportunidade de entender o esforço realizado para acomodar essa ontologia especial à conquista da ‘visualização’ da estrutura na sua ausência. Isso deve ser conseguido pela aquisição dos elementos do sistema legal subjacente ao signo gráfico dessa representação estrutural, tais como: regras de valência, capacidade de combinação, orientações espaciais a partir de impedimentos, acomodação rotacional e vibracional, etc. Há um sistema legal, que se denomina como *base normativa*, com ampla distribuição no processo semiótico e que organiza o estatuto simbólico dos signos gráficos, como destacam Santaella e Nöth (2005).

O símbolo ou lei que governa os individuais depende de casos ou instâncias para se materializar, assim como deve haver casos existentes daquilo que o símbolo denota. O objeto do símbolo é tão geral quanto ele próprio, mas há casos singulares a que o geral se aplica, embora “existente” e “singular” tenham de ser considerados dentro de um universo possivelmente imaginário ao qual o símbolo se refere (SANTAELLA e NÖTH, 2005, p. 64).

A proposição de que a representação estrutural se mantém por meio de uma relação simbólica com seu objeto é fortalecida quando se percebe na literatura específica da área algumas situações, nas quais podem ser destacadas estruturas como referentes em processos representacionais que usam signos gráficos. Nesses casos parece adequado interpretar o objeto da representação como sendo constituído por uma malha de relações legais que controlam e organizam também sua ontologia. Na Figura 1 temos como exemplo uma situação em um artigo da área de química (ESTEVES; FERREIRA; CORRÊA, 2005), na qual são considerados dois arranjos espaciais para entes químicos de mesma constituição.



**Figura 1.** Representações para o átomo de carbono tetra-coordenado (ESTEVES; FERREIRA; CORRÊA, 2005, p. 8680)

As cinco representações na Figura 1 correspondem a dois arranjos espaciais distintos: (1) com duas estruturas tetraédricas, e (2) com três estruturas planas, ambas constituídas por um átomo de carbono em ligação a quatro átomos de hidrogênio. O sistema simbólico proposto neste momento do artigo serve de suporte ao debate entre dois tipos de arranjos. O primeiro é um dos pilares da teoria estrutural da química orgânica, amplamente aceito pela comunidade e corroborado em diversas instâncias empíricas. O segundo é uma proposição teórica, não tendo sido confirmado empiricamente. Isso pode conduzir a um critério de distinção ontológico: o primeiro tipo de arranjo trata de coisas que existem, e o segundo de coisas que não existem. Ainda assim, há para ambos os casos um sistema legal, tanto do ponto de vista convencional quanto conceitual, que controla a proposta de representação simbólica seja de um ente químico que ‘não existe’, ou de um ente químico que ‘existe’. Tem-se que não é a ontologia que dá garantias de realização ao processo de representação estrutural, nem ao menos se pode recorrer a certo domínio empírico para tanto. Ao contrário, o movimento epistemológico proposto é o de se colocar a representação como componente de um sistema de hipóteses testáveis, sendo os elementos desse processo semiótico constituído a partir de um conjunto de leis, teorias, conceitos, ou seja, uma *base normativa*.

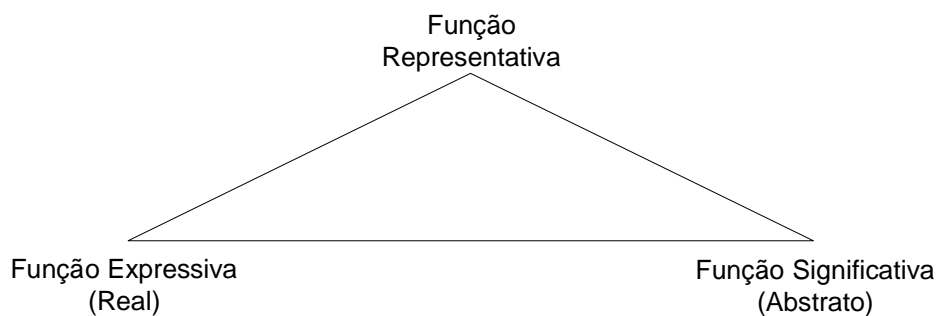
### Funções e formas simbólicas

Nossas pretensões sobre o estudo das formas de uso de representações estruturais, em situações de ensino superior de química, consideram fazer a interpretação fornecida por Ernst Cassirer, em seu texto sobre a *Filosofia das Formas Simbólicas*, aliada de uma nova maneira de interpretar a representação na química. A forma simbólica é uma direção emprestada pelo sentido. A realidade não preexiste e uma forma simbólica não é o reflexo de algo que existe de forma independente, mas ao contrário, algo só pode se tornar compreensível por meio de uma forma simbólica.

Uma das missões pertinente aos processos de representação no ensino de química refere-se ao confronto e distinção entre fatos do mundo, ou seus estados, e símbolos que possam estar em relação com eles. Uma vez que os estados das coisas do mundo não podem necessariamente ser sempre transportados para as situações nas quais precisam ser invocados, seja, por exemplo, em ações discursivas ou reflexivas, tais relações entre os símbolos e os estados das coisas demandam características nas quais se credita certa especificidade. Quanto ao processo representativo que pretendemos delinear em nossa pesquisa, tem-se que uma postura de relativização do objeto pode emergir a partir da contingência encontrada na utilização de diferentes formas de representação. Os estados das coisas designados por símbolos podem ser interpretados por diferentes modos de representação.

Afastando-se do modelo mentalístico, no qual a representação conecta uma idéia pré-existente imaterial a um objeto material, Cassirer defende que é o sujeito que mantém os processos nos quais formas simbólicas estruturadas são mantidas e renovadas. Há um “meio simbólico” (HABERMAS, 2001, p. 14) que contém tanto o interno e o externo, não há necessidade de se opor o sujeito ao objeto e conectá-los somente por meio de representações. As funções intelectuais contêm estruturas representativas que têm como objetivo libertar sujeitos, abrir-los para o mundo, permitir que possam constituí-lo em torno de si. Em uma tentativa de ampliar as noções kantianas, Cassirer propõe que as atividades do juízo só se tornam possíveis por meio da “intervenção mediadora da linguagem” (HABERMAS, 2001, p. 16).

Cassirer entende o processo de criação do símbolo como uma interação entre tendências contrárias. O significado simbólico pode surgir tanto a partir da produção de significantes quanto a partir da articulação de dados em diferentes domínios da experiência. A tensão entre uma dimensão totalmente imagética ou plenamente simbólica e aquela inundada de valores sensoriais, é a marca de produção das formas simbólicas, que podem ser qualificadas em três modos: (i) *função expressiva* – quando o encantamento e a fascinação levam a impressão sensível a congelar em uma forma pictórica; (ii) *função significativa* – quando prevalece a elaboração conceitual e existe uma articulação prioritária entre noções abstratas; (iii) *função representativa* – quando as duas funções anteriores operam em equilíbrio. Apresenta-se na Figura 2 uma imagem construída a partir das relações entre as funções das formas simbólicas apresentadas por Cassirer.



**Figura 2.** Relações entre as funções das formas simbólicas.

Na imagem acima tomamos o processo constitutivo da função representativa como uma atividade mediadora entre o real-expressivo e o significativo-abstrato. Trata-se de uma formulação imagética advinda das reflexões em nossas pesquisas, não se encontrando no texto original de Cassirer. Com relação aos vértices do triângulo proposto na Figura 2 temos que na função expressiva a atividade simbólica é saturada com metáforas, e geralmente caracterizada por gestos, expressões corpóreas ou movimentos demonstrativos. Neste ponto os signos estão fundidos com os objetos que se quer designar e com seu significado. A analogia, por exemplo, ainda cumpre funções de expressividade. A atividade simbólica adquire funções representativas quando pode ser relacionada a coisas por meio de processos de representação que estão conectados a situações específicas, mas de forma independente de contextos determinados. Isto é, segundo Cassirer, o amplo modo de produção característico de nossa linguagem no dia a dia. Apenas a linguagem das ciências estaria mais próxima de uma função significativa, escapando dos contextos e refletindo somente padrões abstratos.

O papel que joga o símbolo na filosofia de Cassirer é o de um tijolo na estrutura do prédio das formas simbólicas, não provê fundação, mas dá forma. Os símbolos são estruturas forjadas, nas quais a comunicação com seus objetos não considera a conformidade de aparências. A apresentação de um objeto depende de um sistema de conceitos e as tentativas

de alcançá-lo (objetivações) devem ser consideradas mediações. Cada uma das ciências (química, física, biologia, etc.) possui um esquema próprio de mediação objeto–signo, assim como também o tem os outros elementos das formas simbólicas.

As funções das formas simbólicas produzem os modos de conhecer as relações entre o signo e seu significado. Tais relações podem ser indicadas como: expressão, representação e significação. O tipo mais primitivo de sentido simbólico é o *sentido expressivo*. Ele é o resultado do que Cassirer chama de *função expressiva* do pensamento, a qual se relaciona com a experiência de eventos com importância afetiva que ocorrem no mundo a nossa volta. Situações que envolvem ampla carga emocional como: desejo ou rejeição, conforto ou ameaça, estão associados à função expressiva do pensamento. Nessa categoria repousa o conhecimento mítico e sua principal característica semiótica possui uma implicação ontológica que se refere à incapacidade instanciada de distinguir entre aparência e realidade.

A função expressiva manifesta um tipo de causalidade própria, por meio da qual cada parte contém literalmente o todo do qual é parte e pode exercer a eficácia causal do todo. Esse fato é apresentado por Cassirer em narrativas que revelam que o mundo mítico não consiste de formas estáveis e permanentes que manifestem suas propriedades a partir de diferentes ocasiões, mas associadas a eventos fugazes e complexos unidos por suas características afetivas e fisiognomônicas.

A segunda categoria é a *função representativa* do pensamento, que produz o chamado *sentido simbólico representativo*. Nesse caso, o fluxo de características míticas e fisiognomônicas convergem para formas estáveis, distinguíveis e identificáveis. De acordo com Cassirer, é na linguagem natural que a função representativa se torna perceptível, essa função trabalha com uma orientação pragmática de que o mundo se apresenta ao sujeito a partir da utilização técnica e instrumental de ferramentas e artefatos. É por meio da linguagem natural que é construído o mundo intuitivo de percepções primárias que constituem o tempo e o espaço intuitivos. Quando um sujeito fala e utiliza partículas gramaticais e tempos verbais, especifica e localiza objetos percebidos em relação a sua posição espaço-temporal<sup>59</sup>. Nessa categoria somos capazes de distinguir a coisa permanente, por um lado, de suas manifestações variáveis em diferentes ocasiões. Chegamos assim a uma distinção fundamental entre aparência e realidade.

A distinção entre aparência e realidade conduz dialeticamente a uma tensão e a uma nova tarefa para o pensamento, segundo Cassirer, essa é a tarefa da ciência teórica: a averiguação permanente quanto à verdade de proposições. Nesse ponto encontramos a terceira e final função do pensamento simbólico: a *função significativa*. A função significativa utiliza predominantemente formas relacionais para a produção de sentido, e é aqui que Cassirer situa o desenvolvimento de conceitos científicos que encontram os caminhos para se tornarem livres das amarras da intuição sensível. Como exemplo de operação da função significativa, Cassirer cita os conceitos de espaço e de tempo na matemática que podem ser considerados como formas desvincilhadas da intuição sensível. Tais conceitos surgem pela superação das relações com o sensível e abrem novas fronteiras para a possibilidade conceitual.

## Metodologia

Nessa etapa da pesquisa voltamos nossos esforços para o estudo do conjunto de provas utilizadas como critério de avaliação em uma disciplina de primeiro período do curso de bacharelado em química de uma Universidade Federal no Estado do Rio de Janeiro. Esse conjunto de provas foi obtido por meio de um contrato de pesquisa endossado pelo professor responsável pela disciplina e por cada aluno da turma. Tivemos acesso a uma cópia de cada prova respondida pelos alunos, após ter sido corrigida pelo professor, sem que fosse identificado o aluno, conforme orientação do Comitê de Ética na Pesquisa.

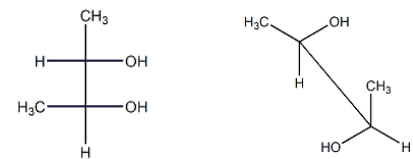
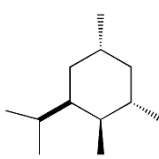
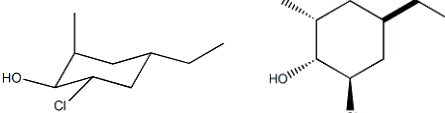
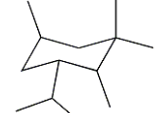
Apresentaremos aqui um conjunto de estudos organizados em diferentes grupos de avaliações: uma avaliação de bimestre, um teste como critério de composição grau de bimestre e uma avaliação final. Não consideramos necessário indicar exclusivamente cada uma delas, mas salientar que todas as questões estudadas possuem sentido de composição de grau para o aluno. Consideramos que esse perfil de dados é bastante diferente daquele que vem sendo explorado nas investigações propostas na literatura, pois nos debruçamos sobre um conjunto de situações derivadas de questões que foram planejadas e aplicadas pelo professor da disciplina, em contraposição a um conjunto específico de situações planejadas para um determinado grupo em investigação.

A partir dos resultados delineados em uma fase exploratória, selecionamos questões para investigação que pudessem estar incluídas em dois grandes eixos estruturadores para a pesquisa, a saber: *assinalação de identidade* e *câmbio representativo*. A escolha dessas duas categorias remetem às nossas pretensões de estudo quanto aos aspectos ontológicos subsumidos nas questões propostas pelos professores. No quadro 1 passamos a apresentar as características que situamos para tais categorias, e indicamos desde já que não vislumbramos uma existência independente dessas duas formas de uso, ou seja, acreditamos que processos de câmbio representativo e assinalação de identidade andam juntos nas estratégias de solução empregadas pelos aprendizes.

<b>Assinalação de identidade</b>	O aprendiz deve indicar se “as estruturas são iguais ou diferentes”, comparando substâncias representadas em diferentes projeções ou formas representativas. O aprendiz pode escolher a estratégia como justificativa para decidir sobre a identidade dos entes.
<b>Câmbio representativo</b>	O aprendiz deve fazer uma nova representação de um ente dado por uma projeção (a) em uma outra projeção (b), podendo esta ser situada com restrições representativas.

Quadro 1. Categorias usadas para seleção das questões

Apresentamos a seguir as representações estruturais presentes nas quatro questões selecionadas para este estudo (duas de AI = Assinalação de Identidade; e duas de CR = Câmbio Representativo), tendo em vista as categorias indicadas anteriormente:

	<b>Assinalação de Indentidade</b>	<b>Câmbio Representativo</b>
(AI-1)		(CR-1) 
(AI-2)		(CR-2) 

Quadro 2. Representações estruturais nas questões estudadas.

A escolha de tais questões considerou a correlação conceitual para com os termos de assinalação de identidade e câmbio representativo, ou seja, outras seleções poderiam ser feitas em termos de estudos semióticos da natureza da representação estrutural, mas o recorte de dados considerado aqui levou em conta nosso interesse em poder encontrar correlações com atributos ontológicos envolvidos nesses processos.

A tarefa envolvida nas questões (AI-1) e (AI-2) tratava de decidir se as duas representações, em cada caso, correspondiam ao mesmo ente. Nesses itens, o aluno deveria decidir e justificar se as duas representações correspondiam à mesma estrutura. A tarefa envolvida nas questões (CR-1) e (CR-2) tratava de representar o mesmo ente, tendo como referência a representação dada, na forma dimensional oposta: de projeção no plano para projeção bote/cadeira, ou vice-versa. Nesse caso, a partir da projeção representada na prova, o aluno deveria representar a outra, ou seja, a partir de (CR-1), que é uma representação no plano, representar a estrutura em bote/cadeira, que simula aspectos tridimensionais. E a partir de (CR-2), que é uma representação em bote/cadeira, fazer a representação no plano. Consideramos aqui uma intervenção dimensional no aspecto ontológico.

Atribuímos dois sentidos principais na interpretação dos resultados para atingir certa inferência sobre como os aprendizes decidem sobre a identidade dos entes apresentados nos problemas, conforme indicado no quadro 3.

<b>Sentido</b>	<b>Características para interpretação</b>
(a) Tentativa direta	Leva em conta o uso majoritário de habilidades espaciais conduzindo a uma estrutura-resposta como justificativa. Tentativa de converter uma estrutura na outra “de uma só vez”.
(b) Uso de conceitos estereoquímicos	Uso de elementos de simetria e de atributos estereoquímicos em comum como intermediários na identificação das estruturas. Há uma implicação ontológica dada pela existência em comum de atributos estereoquímicos nas estruturas.

Quadro 3. Sentidos usados na interpretação dos resultados.

Os sentidos indicados no quadro 3 consideram o processo de representação a partir da perspectiva das Formas Simbólicas de Cassirer. A atribuição de uma “tentativa direta” toma como princípio o caráter expressivo mimético como função prioritária atribuída ao uso do representante durante o processo de avaliação. Por sua vez no “uso de elementos estereoquímicos” considera-se que o representante é usado em uma função prioritariamente representativa, pois o processo nesse caso leva em conta um processo de desconstrução representativa e elege alguns elementos de simetria como descritores ontológicos para a atribuição de identidade. A seguir passamos a apresentar o conjunto de resultados selecionados para este estudo. A apresentação procurará incluir os códigos de referência delineados pela metodologia.

## Resultados e discussão

O primeiro conjunto de resultados refere-se ao estudo quantitativo de acertos em cada item. Nesse caso foi considerada exclusivamente a informação a partir da correção do professor, conforme quadro 4.

	(AI-1)	(AI-2)	(CR-1)	(CR-2)
Certos	16	6	17	8
Errados	19	32	8	15
Total	35	38	25	23

Quadro 4. Totais de acertos e erros por item

Essas informações localizam a maior dificuldade encontrada pelos alunos em resolver o item (AI-2), correlacionando-se o maior número de erros. As assinalações parcialmente corretas indicadas na correção do professor não foram consideradas nesse quadro e são responsáveis pela diferença dos totais em cada item.

Em seguida avaliamos a distribuição das respostas ao longo dos sentidos propostos no quadro 3, contudo, faremos a apresentação destacando somente as questões do critério de assinalação de identidade, pois não foram verificados processos diferentes de “tentativa direta” nas questões que envolviam câmbio representativo. Assim, propomos uma avaliação em separado dos resultados concernentes ao conjunto de dados [CR-1 + CR-2], mais adiante. Seguimos no quadro 5 verificando a distribuição das respostas dos alunos em relação ao uso de elementos estereoquímicos.

Sentido	(AI-1)	(AI-2)	Total
(a) “Conversão direta”	16	24	40
(b) “Uso de elementos de estereoquímica”	13	9	22
Total	29	33	62

Quadro 5. Frequência das categorias de sentido por item

A avaliação da frequência em cada categoria informa sobre a preferência de converter diretamente uma estrutura na outra por meio de habilidades espaciais, em detrimento de encontrar elementos estereoquímicos que chancelem a assinalação de identidade. Com vistas a encontrar a correlação entre os dois conjuntos de dados anteriores verificamos em que medida a opção por um determinado sentido configura sucesso na atribuição ontológica de identidade. Esses dados são apresentados no quadro 6 em quatro setores, com o objetivo de agrupá-los.

	ETU	ATU	ETD	ATD	Total
(AI-1)	9	4	6	10	29
(AI-2)	7	2	19	5	33
Total	16	6	25	15	62

ETU = Errou usando estereoquímica  
 ATU = Acertou usando estereoquímica

ETD = Errou convertendo direto  
 ATD = Acertou convertendo direto

Quadro 6. Correlação entre categorias / sucesso por item

Com a avaliação do quadro 6 podemos entender que o maior grau de dificuldade (7+19 erros) foi associado ao processo de assinalação de identidade que envolvia uma representação em situação de três dimensões (AI-2). Esse tipo de resultado oferece uma leitura inicial a respeito de uma espécie de “distensão icônica”, ou seja, uma movimentação do caráter icônico em direção ao sentido simbólico do signo em jogo no processo de assinalação de identidade. Nesse, caso o sentido de semelhança e de aproximação de qualidades entre as duas representações postas na situação (AI-2), é de baixa relevância para o sucesso do aprendiz na tarefa de atribuição ontológica. Com valor de  $p = 0.79$  de erro associado (26/33), parece o problema de ordem dimensional prevalece sobre as facilidades de ordem geométrica, tal como a fixação da posição relativa dos ligantes em um anel.

Outra indicação importante que decorre do quadro 6 é a prevalência pelo dobro na frequência de sucesso ao considerar a estratégia de conversão direta, a qual seria a princípio preterida em uma situação de ensino sobre o tema. Ou seja, os processos didáticos que tratam

de assinalação de identidade por meio de representação estrutural não são cursos de visualização espacial, *ipsis litteris*, mas com certeza fazem uso dessa habilidade. A competência a ser desenvolvida nesse domínio da química é de justamente apropriar-se dos elementos de simetria e das características estereoquímicas que estão associadas às diferentes projeções. Temos que há certa prevalência de sentido simbólico ao processo de atribuição ontológica, mas que, a partir de nossos resultados nessa investigação, não estão em uso. Poderíamos dizer também que a tentativa de atribuir ontologia diretamente é a que mais atrai o aprendiz, mas não é necessariamente muito mais bem sucedida, tendo uma frequência de sucesso menor do que 20% em relação ao uso de estereoquímica.

Voltaremos agora nossa apresentação novamente para as situações de câmbio representativo apresentando no quadro 7 uma avaliação do sucesso considerando as duas situações de câmbio selecionadas nas avaliações em estudo. Classificamos aqui o processo a partir de sua função específica de câmbio dimensional, ou seja, a situação a partir de (CR-1) trata de uma conversão de um signo que corresponde a duas dimensões (2D) para outro ontologicamente equivalente em três dimensões (3D). Consideramos que a situação (CR-2) evoca um contexto que é praticamente o contrário do atribuído ao (CR-1), tendo em vista que os dois processos de câmbio possuem em comum: (i) entes com mesmo número de anéis; (ii) mesmo número de vértices do anel substituídos; (iii) mesmo tipo de ligantes.

		Acertos	Erros	Acerto Parcial	Total
2D → 3D	(f)	8	17	14	39
(CR-1)	(p)	0.21	0.44	0.35	1.00
3D → 2D	(f)	15	8	12	35
(CR-2)	(p)	0.43	0.23	0.34	1.00

(f) = frequência ; (p) = (f) / total

Quadro 7. Avaliação de acertos por item em câmbio representativo

Nos casos de câmbio representativo podemos ter como indicação que o caminho com maior sucesso em termos de frequência de resposta é aquele que corresponde a uma redução dimensional, ou seja representar um ente em duas dimensões, a partir de uma representação em três dimensões. Esse tipo de processo corresponde a uma perda de características icônicas e da função expressiva, sugerindo ao aprendiz uma tomada de posição simbólico-representativa, no sentido de nossos referenciais teóricos. Dessa forma, temos indicado que os processos de redução dimensional correspondem a situações de câmbio representativo com maior frequência de domínio do que processos de ampliação dimensional, ou seja, parece ser mais fácil para o aprendiz cambiar de 3D para 2D do que de 2D para 3D.

## Considerações finais

Temos enfrentado essa etapa de nossa pesquisa como um processo delicado de delineamento de metodologias. Estamos interessados em estudar o aspecto simbólico concernente à representação estrutural a partir de avaliações do ensino superior, e esse tipo de abordagem parece pouco explorado na literatura. O primeiro aspecto que se depreende de nossos resultados corrobora com uma concepção a priori sobre o ensino de estereoquímica: *questões sobre aspectos conformacionais em sistemas cíclicos são mais complexas sob o olhar dos iniciantes da química.*

Os processos de assinalação de identidade estudados aqui demonstram que há escolhas baseadas em um percurso semiótico de matriz simbólica, mesmo ao se defrontar com a situação “mais difícil” (AI-2). Contudo, ele configura no nosso conjunto de dados uma

estratégia com pouco sucesso. O percurso simbólico na semiótica de Peirce associado à função representativa de Cassirer representa nesse caso que o aprendiz compreende a necessidade de desvinculação mimética do representante. Ainda que somente  $p = 0.38$  (6/16) tenham logrado êxito abraçando essa escolha de matriz ontológica, consideramos razoável o número de aprendizes que usaram essa estratégia ( $p = 0.35$ ). A preferência pela semiose de função expressiva p[ode ser entendida também a partir da possibilidade de resposta imediata na ação do signo, pois os processos de mimetização nesse caso podem ser repetidos exaustivamente até lograrem êxito no julgamento do aprendiz. Por outro lado, a escolha de semiose em função representativa exige, em primeira instância, o controle da base normativa de referência ao processo de identidade, ou seja, controle externo das atribuições ontológicas.

Nas situações de câmbio representativo dois tipos de processo estão colocados em cena e envolvem uma espécie de “ida e volta” representativa. Nesse caso nossos resultados vão ao encontro dos estudos postos na literatura sobre habilidade espacial, a partir do domínio da educação matemática e da psicologia (PITTALIS, CHRISTOU, 2010; WALDRIP, PRAIN, 2010), e informam que o privilégio para o caminho 3D para 2D recebe prioridade inclusive a partir de nosso processo de interação social e com o mundo, ou seja, o fluxo dinâmico permanente de atribuição ontológica do sujeito é um processo de redução dimensional.

O processo representativo como mediador oferece uma maneira mais coerente e menos ingênua de lidar com o tema de estudo do presente trabalho. Nesse sentido, propomos que as diferentes formas de uso encontradas para fornecer atribuições ontológicas aos entes da química possam estar vinculadas a modos que se assemelham às Formas Simbólicas em cooperação com a Semiótica.

Pode-se referenciar um objeto exclusivo e estável, sob o ponto de vista ontológico, por meio de uma variedade de expressões linguísticas, e todas elas permitem produzir significado sobre tal objeto. No caso da representação estrutural entendemos que há certa influência ontológica a impor algumas direções ao modo do agir dos signos gráficos. Não se percebe nas situações de estudo sobre a representação estrutural a necessidade de um compromisso ontológico com a completude do ente químico. Não se verifica interesse em representar a molécula de forma completa ou definitiva. O exercício de aquisição desse ente é dado por meio de sua permanente *desconstrução representativa*. Essa *semiótica da desconstrução*, que gostaríamos de propor como uma característica em processos de representação estrutural, parece ter a ver com o caminho pretendido na direção da descontextualização, conforme indicado na literatura (WILLIAMS, 2010). Acreditamos que este processo pode receber colaboração da ontologia processual para o caso da representação de entes químicos. Essa escolha coloca a possibilidade de refletir acerca da totalidade do ente evitando restrições dicotômicas nesse processo de desconstrução, tal como a disputa entre instâncias e propriedades.

Todavia, sabemos que esse momento ainda é o início de uma jornada que carece inclusive de algumas adequações de caráter metodológico. Pretendemos, por exemplo, implementar uma nova forma de aquisição e registro de dados, construindo um ambiente para registrar em tempo de execução a atividade de solução do problema ou da tarefa. Acreditamos que dessa forma poderíamos ter mais elementos de trabalho para tratar das estratégias usadas pelos alunos ao resolver as situações de câmbio representativo e assinalação de identidade. Seria uma maneira de aprimorar o registro do *processo* de atribuição de ontologias.

Nossas considerações neste momento da pesquisa servem como um grande procedimento de orientação interna e são reflexões com vistas a replanejamentos para a tomada de novas estratégias para o futuro. Temos certeza de que nossa estratégia metodológica inicial é diferenciada dos casos encontrados na literatura e permite focalizar um domínio pouco investigado no cenário das pesquisas em ensino de ciências: o ensino superior. Acreditamos que seja importante continuar investigando tais processos e os modos usados

pelos aprendizes em formação inicial para atribuir ontologia, uma tarefa crucial em diversos momentos de sua formação, decidindo, por exemplo, sobre algo ser o mesmo ou ser outro.

## **Bibliografia**

CASSIRER, E. **Filosofia de las formas simbólicas: fenomenologia del reconocimiento**. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. 558 p.

ESTEVES, P. M.; FERREIRA, N. B. P.; CORRÊA, R. J. Neutral Structures with a Planar Tetracoordinated Carbon Based on Spiropentadiene Analogues. **Journal of American Chemical Society**, v. 127, 8680-8685, 2005.

GKITZIA, V., SALTA, K., TZOUGRAKI, C. Development and Application of Suitable Criteria for the Evaluation of Chemical Representations in School Textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 12, n. 1 p. 5-14, 2011.

HABERMAS, Jürgen. **The liberating power of symbols**. Cambridge: MIT Press, 2001. 130 p.

LEBLANC, E., JOLICOEUR, P. How Do Selected Arrows Guide Visuospatial Attention? Dissociating Symbolic Value and Spatial Proximity. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 36, n. 5, p. 1314-1320, 2010.

LEYTON, M. S. **Symmetry, Causality, Mind**. Cambridge: MIT Press, 1992

CHINEN, A. B. Symbolic Modes in Object Relations: a semiotic perspective. **Psychoanalysis and Contemporary Thought**, n. 10, p. 373-406, 1987

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2003. 337 p.

PITTALIS, M., CHRISTOU, C. Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. **Educational Studies in Mathematics**, v. 75, n. 2, p. 191-212, 2010.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2005. 186 p.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem: cognição, semiótica, mídia**. São Paulo: Editora Iluminuras Ltda, 2005. 222 p.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry "Triplet". **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

WALDRIP, B., PRAIN, V. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary Science. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

WILLIAMS, M. Vygotsky's Social Theory of Mind. **Harvard Educational Review**, 59(1), 108-127, 2010.