

As representações semióticas nas provas de química no vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Brasil): uma aproximação à linguagem científica no ensino das ciências naturais¹

ISAURO BELTRÁN NÚÑEZ E BETÂNIA LEITE RAMALHO
Departamento de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

JOSÉ EVERALDO PEREIRA
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) / Campus Natal – Zona Norte

1. Introdução

Para construir e comunicar conceitos e teorias, a Ciência utiliza representações semióticas externas (baseadas em sistemas de signos), tais como: diagramas, gráficos, equações, ilustrações, enunciados, dentre outras. Assim, aprender química é também aprender a linguagem dessa ciência.

Tais representações, suas características, sua natureza e sua diversidade, como também suas formas de construção, interpretação e transformação, devem ser consideradas como parte dos conteúdos a serem ensinados e aprendidos nas aulas de ciências assim como são relevantes temas de investigação para a Didática das Ciências Naturais e da Matemática.

De maneira geral, o desenvolvimento de competências no domínio da representação e da comunicação, na área das Ciências da Natureza, envolve características a serem abordadas em todas as disciplinas da área. Entre essas competências, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (Brasil, 2002b) – destacam:

ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas. (Brasil 2002b, p. 27)

As habilidades e competências associadas à área das Ciências da Natureza, no que diz respeito ao componente curricular de Química, ainda na perspectiva dos PCN+ (Brasil, 2002b), são as seguintes:

identificar e relacionar unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade, concentração de soluções; ler e interpretar informações de dados com diferentes linguagens ou formas de representação, como símbolos, fórmulas e equações químicas, tabelas, gráficos, esquemas, equações; selecionar e fazer uso apropriado de diferentes linguagens e formas de representação, como esquemas, diagramas, tabelas, gráfico, traduzindo umas nas outras (Brasil, 2002b, p. 89)

As Ciências Naturais – e a Química, em particular – utilizam extensivamente os modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que o aluno desenvolva competências e habilidades adequadas para utilizar tal linguagem,

¹ Pesquisa financiada pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico_Brasil)

tornando-se capaz de entender e empregar, a partir das informações fornecidas, a representação simbólica das transformações químicas (Brasil, 2002a).

A linguagem científica proporciona ao ensino um conjunto de signos, símbolos e regras que permitem criar e ler o conteúdo da aprendizagem. A linguagem da Química propõe, através de modelos – representados por equações, fórmulas estruturais, gráficos e figuras, entre outros –, o mundo como é compreendido pelo químico. Para o estudo, e conseqüentemente para a aprendizagem da ciência química, é indispensável aprender-se a linguagem dessa ciência. Segundo alguns autores, as dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas à distinção em relação à linguagem comum, à especificidade quase hermética da primeira e, possivelmente, às dificuldades em se construir as necessárias relações entre os entes químicos do mundo microscópico e os do macroscópico (Mortimer, 1998; Chassot, 2003; Roque e Silva, 2008).

Para Duval (1999), uma das grandes dificuldades na aprendizagem da Matemática (linguagem das ciências) reside na capacidade dos alunos de reconhecer e executar mudanças de registros semióticos, identificando que umas dessas mudanças de registro são mais complexas que outras. Duval (2003) afirma que as dificuldades encontradas pelos estudantes podem ser descritas e explicadas como uma falta de coordenação de registros de representações.

Berg e Smith (1994) afirmam que existe pouca participação dos alunos nesse tipo de atividade e como essa capacidade é básica, porém, não inata nem de desenvolvimento espontâneo, é necessário que seja objeto de apropriação nos processos de ensino na escola.

Já Postigo e Pozo (2000) afirmam que os alunos utilizam diferentes níveis no processamento da informação – o explícito, o implícito e o conceitual – e que as dificuldades de aprendizagem na construção e na interpretação de representações semióticas se devem também aos próprios livros didáticos. Para esses autores, os livros incluem numerosas representações que, com frequência, são usadas como simples ilustrações, sem serem explicados os processos de interpretação e de construção do significado de tais representações.

Quando o aluno não se apropria dessa linguagem e do significado das várias representações, tende a apresentar dificuldade para o estabelecimento de relações nas representações internas e nas externas. No Ensino Médio, muitas vezes essas representações estruturais simbólicas são apresentadas sem a explicação necessária para sua construção e sua compreensão (Roque e Silva, 2008).

García e Palácios (2006) ressaltam o fato de alguns autores fazerem referência às dificuldades apresentadas por alunos no trabalho com representações semióticas na aprendizagem de Química. São elas:

- Não compreenderem a natureza mediática e metafórica das representações semióticas;
- Ao analisarem várias representações, centrarem-se em apenas numa delas (a mais familiar e concreta) e em suas características superficiais (não nas mais relevantes);
- Igualmente, ao usarem diferentes representações, não conseguem coordená-las e integrá-las. Somente realizam conexões entre elas quando enfrentam o processo de resolução de problema.

Autores como Roth e Bowen (1999) afirmam que estudantes do Ensino Médio e Superior, assim como graduados em Ciências, têm dificuldade para compreender as representações de gráficos cartesianos. Isto é, não conseguem manipular de maneira mais elaborada os gráficos nem sabem fazer uma interpretação normativa deles.

Nesse caso, Duval (1999) afirma que o ensino trata da formação e da interpretação das representações semióticas sem dar a devida atenção à conversão de um tipo de representação em outro. Essa última habilidade, necessária à compreensão e ao domínio da linguagem da química, quando deficientemente formada pode dificultar a aprendizagem dos fenômenos químicos e suas transformações, assim como limitar as possibilidades da transferência dos conhecimentos para novas situações.

Autores como Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001) destacam as dificuldades que os alunos têm para compreender a natureza mediática e metafórica das representações semióticas. Lima e Pontes (2007), em seus estudos, revelam o fato de os estudantes utilizarem representações semióticas numa objetividade típica de um realismo ingênuo. Por sua vez, outros estudos têm mostrado a preferência dos alunos por analisar as representações que lhes são familiares, orientando-se por traços não essenciais, o que é típico de um pensamento empírico-classificatório.

A pesquisa em pauta tem como objetivo central estudar as representações semióticas exploradas nas perguntas das provas de Química usadas nos processos seletivos (vestibulares) para os cursos de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, em razão do impacto que, em geral, esse tipo de avaliação exerce nas formas de se pensar o ensino e a aprendizagem da Química no Ensino Médio. Foram formuladas as seguintes questões de estudo:

- Qual é a extensão do uso de representações semióticas nas perguntas objetivas e subjetivas das provas de Química do processo seletivo?
- Quais tipos de representações semióticas são privilegiados nessas provas?
- Quais tipos de conversões entre representações semióticas são exigidos na solução das questões das provas?

As provas analisadas foram aplicadas nos processos seletivos de 1997 a 2009, totalizando 13 vestibulares, o que corresponde a 26 provas – 13 objetivas e 13 discursivas –, perfazendo um total de 275 perguntas/questões.

2. O marco teórico

A linguagem científica e a comunicação são parte substancial do trabalho científico. A Química, como disciplina científica, tem seus padrões temáticos e modelos, sua linguagem, assim como seu padrão estrutural. Segundo Lemke (1997), para que a aprendizagem das ciências tenha lugar em sala de aula, é necessário que os alunos disponham de conhecimentos sobre o tema, mas também sobre os gêneros da linguagem científica. Para o autor, a linguagem científica fornece a forma de se organizar o raciocínio.

Aprender a linguagem da Química implica que os textos produzidos – ou seja, o que os alunos dizem – tenham sentido para a Ciência. Dessa forma, a aprendizagem da Química não se separa das formas diversas nem da estrutura (semântica e sintaxe) da linguagem dessa área de conhecimento.

Uma vez que a linguagem científica tem características específicas e que sua aprendizagem pode ser comparada à de uma língua diferente da materna (Sutton, 1997; Lemke, 1997), o estudo dessa linguagem nos processos que envolvem ensino e aprendizagem da Química, em especial na avaliação da aprendizagem, torna-se relevante para a pesquisa didática.

A semiótica “é a ciência geral dos signos linguísticos”. Engloba a semântica e a sintaxe. Nos dois casos, o foco é o interesse pelo uso de signos e o significado destes na linguagem científica.

O quadro teórico deste estudo foi estruturado a partir das contribuições de Duval (1999) sobre as representações semióticas. Em seus trabalhos, o autor dialoga com as obras de Piaget e de Vigotsky, especificamente em *La formation du symbole chez l'enfant* do primeiro, e *Pensamento e Linguagem*, do segundo.

Dentre as contribuições de Duval (2003) reconhecidamente relevantes destacam-se:

- Imagem mental (conceitos internalizados), representação semiótica (representação constituída pelo emprego de signos) e representação mental (representação semiótica internalizada) são conceitos distintos.
- As representações semióticas podem ter diferentes funções: expressão (para o outro), objetivação ou identificação de um objeto da realidade (para o próprio indivíduo) e tratamento da representação semiótica segundo certas regras.
- Um objeto pode ser representado sob diferentes formas semióticas.
- A mudança de uma forma de representação semiótica para outra constitui uma operação cognitiva básica.
- As representações semióticas utilizam e mostram diferentes registros.
- A representação inclui a comunicação, o funcionamento cognitivo e a compreensão.

Para Duval (2003), existem três atividades cognitivas relacionadas com as representações semióticas:

- Formação de representações
- Tratamento das representações
- Conversão de uma representação em outra

A formação de representações: consiste na elaboração de uma representação de um registro dado. Nesse processo, seleciona-se um conjunto de caracteres ou signos dentro de um sistema semiótico, para representar as características principais de um objeto. Em Química, essa atividade inclui: atribuição de nomes às substâncias, construção das fórmulas estruturais das substâncias e codificação de relações ou propriedades de uma transformação química (reação química). Outro exemplo é o processo de construção de gráficos e de diagramas com os resultados de um experimento.

O tratamento da representação: diz respeito à transformação da representação no mesmo registro em que estava formulada – transformação interna de um registro. O tratamento da representação é uma atividade necessária no processo de resposta a perguntas e à solução de problemas em Química e está orientada para ampliar a informação e a representação de um objeto dentro de um mesmo sistema semiótico.

A conversão da representação: é a transformação da representação em uma representação de outro registro (de um sistema semiótico diferente). Nessa atividade, conserva-se a totalidade ou somente uma parte do conteúdo da representação inicial. É uma transformação externa a um registro. Na Química, a conversão se manifesta na tradução, na ilustração, na codificação e na transposição das representações. Por exemplo: ao se construir um gráfico com base nos resultados de um problema; ao se interpretar e se descrever, na linguagem oral, o diagrama da estrutura de uma substância; ao se representar através de equações um enunciado escrito.

3. Metodologia da pesquisa

A pesquisa, de natureza qualitativa, fundamenta-se na dialética das categorias quantidade/qualidade. Nessa perspectiva, a quantidade expressa a extensão de indicadores qualitativos do objeto de estudo.

As provas analisadas foram aplicadas nos processos seletivos de 1997 a 2009, totalizando 13 vestibulares, o que corresponde a 26 provas – 13 objetivas e 13 discursivas –, perfazendo um total de 275 perguntas.

Para as análises das perguntas objetivas e das discursivas, foram definidas categorias como variáveis de análise, as quais, por sua vez, foram estruturadas em subvariáveis.

A variável Representação Semiótica se estrutura em duas categorias:

- Representação Não Gráfica.
- Representação Gráfica.

Para cada categoria, estabelecem-se novas subcategorias, como é mostrado a seguir:

- Representações Não Gráficas: Texto (Enunciado), Fórmula Molecular, Equação Química, Representação de Estrutura, Tabela, Expressão Algébrica, Fórmulas Estrutural
- Representações Gráficas: Diagramas, Gráfico Cartesiano

Para o estudo da variável *conversão de representações semióticas*, estabeleceram-se categorias, a partir da análise das perguntas das provas, num diálogo entre a teoria e a empiria.

4. Apresentação, análises e discussão dos resultados

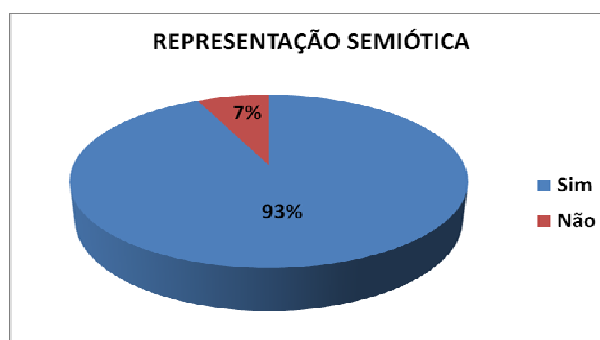
A discussão dos resultados está organizada em função das questões de estudo, a fim de se obter uma sequência que integre a solução do problema e o objetivo geral da pesquisa e deles se aproxime.

Os dados são representados em tabelas e gráficos, segundo a estatística descritiva, que possibilita a redução de dados quantitativos e qualitativos da população ou da amostra, para uma leitura mais simplificada, de modo a se poderem avaliar as variáveis para se responder às questões de estudo. As tabelas e os gráficos expressam as frequências. Os gráficos oferecem uma imagem acessível dos resultados da pesquisa para as análises.

4.1 As representações semióticas nas provas de química do vestibular da UFRN

Os resultados da pesquisa evidenciam o peso significativo das representações semióticas como elementos que configuram as perguntas das provas de Química dos vestibulares da UFRN. Como mostra o Gráfico 01, 93% a quase totalidade das perguntas contêm um ou vários tipos de representações semióticas.

GRÁFICO 1.
Frequência das representações semióticas



Essa grande quantidade de representações semióticas pode ser justificada pela tendência dos vestibulares da UFRN a se aproximarem das orientações curriculares para o Ensino Médio, que consideram a competência de representação e o uso de diferentes linguagens como exigências da educação científica e, conseqüentemente, da avaliação.

Como vimos, as representações semióticas são categorizadas em não gráficas e gráficas. Em relação às representações não gráficas, a Tabela 01 mostra a elevada presença desse tipo de representação nas perguntas das provas.

TABELA 1.
Frequência de representação não gráfica

CATEGORIAS	EFETIVOS	FREQUÊNCIA
Sim	250	90,8%
Não	25	9,2%
Total	275	100%

FONTE: Pesquisa de campo

Na Tabela 02, revelam-se os tipos de representações não gráficas: enunciados (23,9%), fórmulas (24,9%) e equações químicas (24,2%). Ou seja, esses percentuais correspondem ao 90,8% das representações desse tipo usadas nas provas, conforme informado na Tabela 01.

TABELA 2.
Frequência do tipo de representação não gráfica

CATEGORIAS	EFETIVOS	FREQUÊNCIA
texto (enunciado)	93	23,9%
fórmula	97	24,9%
equação química	94	24,2%
representação de estrutura	61	15,7%
Tabela	18	4,6%
expressão algébrica	3	0,8%
fórmula estrutural	23	5,9%
Total	389	100%

FONTE: Pesquisa de campo

Os três tipos de representação não gráfica que se destacam são muito frequentes no ensino da Química. As fórmulas e as equações químicas são elementos-chaves da linguagem química. Nas questões analisadas neste estudo, as representações de estruturas de entidades químicas correspondem a 15,7%, e aparecem com menor frequência as expressões algébricas: 0,8%.

Um exemplo de uma representação semiótica do tipo não gráfica, correspondente a um enunciado na língua natural se mostra na figura 01

FIGURA 1.
Enunciado texto em linguagem natural como representação semiótica na prova

Questão 02

Os radicais livres têm funções importantes no organismo humano. Não obstante, em excesso eles podem ser prejudiciais, pois danificam as células e o material genético (alteram o DNA). Uma vez formados, os radicais livres desencadeiam reações que se propagam a grande velocidade, em consequência da alta reatividade.

O comportamento químico dos radicais livres se explica pelo fato de eles serem estruturas com

A) uma carga total negativa.
B) todos os elétrons emparelhados.
C) uma carga total positiva.
D) um elétron desemparelhado.

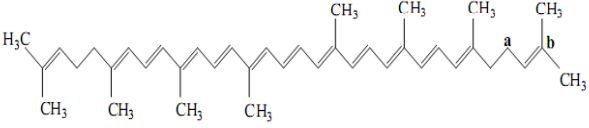
O enunciado em língua natural é o conjunto de palavras de uma mesma língua que, juntas, demonstram um significado próprio. Na opinião de Duval (2003), os registros de representação mais complexos são os que têm como ponto de partida o enunciado em língua natural ou texto.

O objeto do conhecimento relativo à questão apresenta-se pela via da linguagem escrita. A compreensão da linguagem escrita exige dar sentido às informações, dentro de um mesmo tipo de registro, o que caracteriza um tratamento de representação semiótica. A leitura e interpretação da representação na forma de linguagem escrita permitem ativar representações mentais de forma tal a se estabelecerem relações adequadas entre a representação externa, de natureza semiótica, e a representação interna ou mental.

Outro tipo de representação não gráfica muito usada nas provas diz respeito às fórmulas químicas, como se mostra na figura 02.

Figura 2.
As fórmulas químicas como representação semiótica nas provas

Produtos agrícolas são muito importantes em uma dieta alimentar. O tomate, por exemplo, é fonte de vitaminas e contém licopeno – de ação antioxidante –, cuja estrutura é:



A) Apresente quatro classificações da cadeia carbônica do licopeno.

B) Qual o tipo de hibridização dos carbonos (a e b) indicados na figura? Justifique sua resposta baseando-se no número e no tipo de ligações formadas nesses carbonos.

As fórmulas químicas, assim como as equações químicas, são tipos de representações semióticas que constituem recursos essenciais na compreensão dos modelos dos materiais e das substâncias, assim como para a comunicação. São representações de baixo grau de iconicidade e alto grau de abstração. As fórmulas químicas são representações das substâncias que têm natureza discursiva essencial na linguagem da química. Compreender, representar e comunicar conteúdos conceituais por meio de fórmulas constitui um dos objetivos da aprendizagem da química.

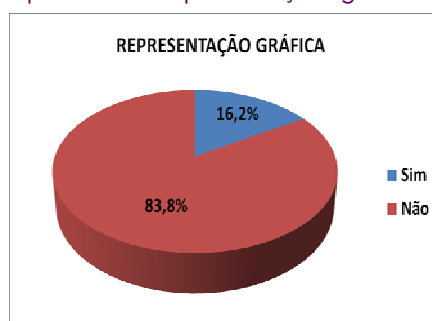
As fórmulas são significativamente simbólicas, uma vez que representam “uma realidade inobservável” modelada. Elas incluem códigos e formatos sintáticos específicos que devem ser interpretados. (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2009).

A fórmula química usada na questão é do tipo estrutural, na qual se mostram as diferentes ligações entre os átomos e suas disposições espaciais, contrariamente a fórmulas condensadas ou globais, as quais representam um nível de abstração maior e conseqüentemente impõem maiores exigências cognitivas para operar com elas. É bom destacar que cada tipo de representação para as fórmulas químicas tem sua vantagem particular, em função do que se deseje representar e do grau de abstração delas.

As representações gráficas são de uso muito frequente na linguagem química. A construção e a interpretação de gráficos se revela como uma competência básica no campo representacional dos processos e fenômenos químicos. Para Pozo e Gomez Crespo (1998), a construção de gráficos e diagramas e sua interpretação fazem parte dos procedimentos relacionados com interpretação de informação.

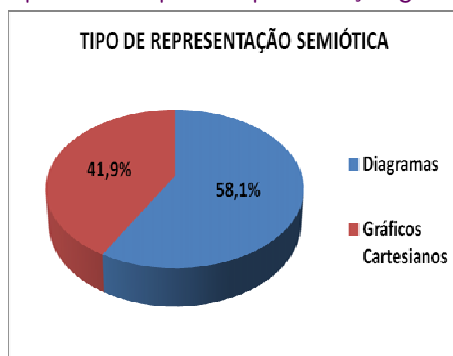
O Gráfico 2 revela que 83,8% das perguntas não exigem trabalho com gráfico cartesiano ou diagrama.

GRÁFICO 2.
Frequência das representações gráficas



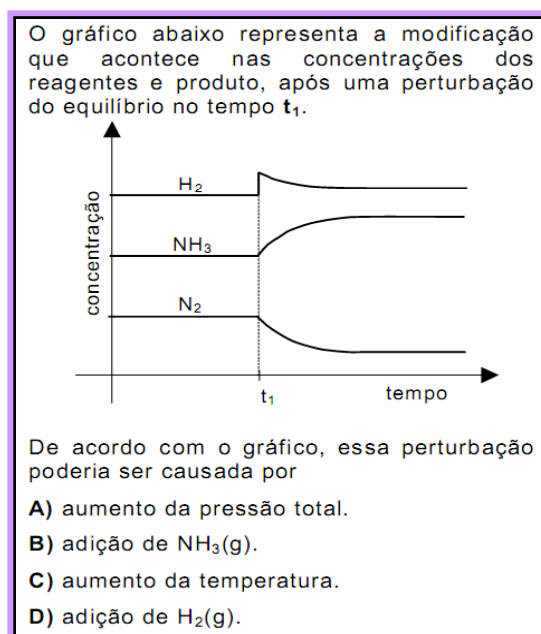
Por sua vez, o Gráfico 03 mostra que é baixa a frequência do uso de representações gráficas e que praticamente não existe uma preferência por gráfico ou diagrama nas perguntas das provas.

GRÁFICO 3.
Frequência do tipo de representação gráfica



Um gráfico cartesiano constitui uma representação visual da dependência entre variáveis modeladas algebricamente por meio de funções matemáticas. Nos eixos de coordenadas cartesianas, mostram-se as variáveis independentes e dependentes. O gráfico é formado pelos pontos que visualmente relacionam essas variáveis. Os gráficos se constroem a partir de uma tabela ou de uma matriz de dados, e supõem um alto grau de abstração e de generalização, fazendo uso de um conjunto de conversões e de formalismos vinculados ao conceito de função. Na figura 03, mostra-se uma questão na qual o gráfico é o tipo de representação semiótica.

FIGURA 3.
O gráfico como representação semiótica nas provas



Uma leitura e interpretação do gráfico que fornece informações relevantes sobre o objeto do conhecimento dará condições de analisar a veracidade de cada item de resposta. Segundo Duval (1999, p.32), "A leitura de representações gráficas pressupõe discriminar as variáveis visuais pertinentes e a percepção das variações correspondentes da escrita algébrica".

Ocorre que se opera apenas com as informações contidas no gráfico, e não se faz necessário sair dessa para outra representação para a solução da situação proposta na questão.

Na interpretação do gráfico do ponto de vista da química exige-se compreender conceitos dessas disciplinas e da matemática, tais como: concentração, equilíbrio químico, influencia da concentração no equilíbrio, dentre outros.

4.2 A conversão entre representações: o que se exige nas provas do vestibular

A conversão entre representações é uma habilidade importante no domínio da linguagem da Química como ferramenta essencial para se desenvolver um pensamento científico. Saber Química significa também saber transformar uma representação semiótica em outro tipo de registro ou em outra representação semiótica. Apesar disso, somente 24,0% das perguntas analisadas exigem a habilidade de transformar um tipo de representação em outro, conforme mostra a Tabela 03.

TABELA 3.
Frequência da conversão entre representações

CATEGORIA	EFETIVOS	FREQUÊNCIA
não	209	76,0%
sim	66	24,0%
Total	275	100%

FONTE : Pesquisa de campo

Esse resultado aponta para uma baixa demanda da habilidade de converter uma representação semiótica em outra nas provas de vestibular de Química. Isso, de certa forma, pode estar relacionado com as práticas de ensino de Química que, em geral, não sistematizam as transformações de representações entre diferentes níveis de descrição e explicação dos processos químicos, como apontam os estudos de Galavkosky e Adúriz-Bravo (2001).

A Tabela 4 apresenta a frequência com que aparecem diferentes tipos de conversão de uma representação semiótica em outra.

TABELA 4.
Frequência do tipo de conversão entre representações

CATEGORIAS	EFETIVOS	FREQUÊNCIA
enunciado-equação química	20	24,7%
enunciado-expressão algébrica	8	9,9%
equação química-enunciado	12	14,8%
enunciado-representação de estrutura	7	8,6%
expressão algébrica-enunciado	3	3,7%
tabela-enunciado	3	3,7%
representação de estrutura-enunciado	7	8,6%
diagrama-fórmula	1	1,2%
enunciado-gráfico cartesiano	5	6,2%
fórmula-enunciado	3	3,7%
equação química-fórmula	2	2,5%
diagrama-enunciado	1	1,2%
gráfico cartesiano-enunciado	3	3,7%
enunciado-fórmula	1	1,2%
diagrama-fórmula	1	1,2%
fórmula-representação de estrutura	1	1,2%
equação química-representação de estrutura	1	1,2%
diagrama-equação química	1	1,2%
diagrama-gráfico cartesiano	1	1,2%
Total	81	100%

Fonte: Pesquisa de campo

De acordo com a Tabela 04, a conversão que mais se exige nas provas, no que diz respeito a essa habilidade, de modo geral, é a transformação de enunciado para equação química (24,7%). Esse resultado pode estar relacionado com uma habilidade básica da Química: escrever a equação de reações químicas. Não obstante, segundo relatórios parciais da Comissão Permanente de Vestibulares – COMPERVE (UFRN) –, os estudantes têm mostrado um baixo desenvolvimento dessa habilidade. Pozo e Gomez Crespo (1998) afirmam que estudantes não compreendem o significado químico das equações químicas nem fazem distinções adequadas entre subíndices e coeficientes estequiométricos. Para os autores, isso está relacionado com a dificuldade que esses estudantes têm de diferenciar o nível de análise macroscópico do microscópico.

Uma questão das provas que exige da conversão de enunciado à equação química aparece na figura 4.

Figura 4.
A conversão de representação nas provas

Evitar o desmatamento e plantar árvores são formas de reduzir os níveis de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, pois as árvores têm o importante papel de transformar o CO_2 em açúcares, por intermédio da fotossíntese. Nessa reação, o dióxido de carbono reage com a água, em presença de luz, produzindo glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) e oxigênio (O_2).

- A)** Escreva a equação química balanceada da reação de fotossíntese.
- B)** Calcule a massa de glicose formada a partir de 72 L de CO_2 , à pressão de 1 atm e a 25°C , sabendo que o volume molar, nessas condições de T e P, é de aproximadamente 24 litros por mol (L/mol).

Segundo Duval (2003), a conversão de uma representação semiótica é um processo radicalmente diferente dos tratamentos. É um processo no qual se muda de registro, mas se conserva a referência dos mesmos objetos. Geralmente, exige o reconhecimento de um mesmo objeto através de duas representações diferentes. As exigências cognitivas são elevadas no caso de questões nas quais se faz necessária a conversão de uma dada representação semiótica, como transformação representacional fundamental.

Para a conversão, deve-se interpretar o texto escrito e representar o processo por meio da equação química. Essa é uma atividade cognitiva essencial no desenvolvimento de habilidades e competências relativas à educação em química.

Embora se explorem, nas provas, 19 tipos diferentes de conversão entre representações semióticas, existe uma dispersão significativa nas frequências com que aparece cada tipo. A conversão de equação química para enunciado aparece com a segunda maior frequência. As conversões enunciado-representação de estrutura, e vice-versa, aparecem com baixa frequência. Apesar de sua importância, outros tipos de conversão foram pouco explorados nas provas, como: enunciado-gráfico, diagrama-enunciado, gráfico cartesiano-enunciado, fórmula-representação de estrutura.

5. Conclusões

Os resultados do estudo permitem que se emitam algumas considerações, como conclusões provisórias, assim como recomendações, que podem contribuir para uma reflexão sobre os processos de ensino e de aprendizagem das representações semióticas e da linguagem da Química.

Existe uma preocupação com o uso de representações semióticas, em geral, nas perguntas das provas de Química do vestibular da UFRN. Não obstante, se observa a preferência, nos projetos de prova, pelos enunciados. Isso, em certa medida, pode expressar uma tradição de se apresentarem os dados de forma qualitativa, como explicam García e Palácios (2006).

O uso de gráficos está associado a procedimentos e exigências cognitivas de alto nível de abstração. O pequeno número de perguntas com gráficos pode ser explicado pela tradição de esse tipo de representação ser mais utilizado no nível universitário (Roth e Bowen, 1999). Esse uso limitado de gráficos nas provas coincide com os resultados de outras pesquisas nas quais se discutem sobre as poucas oportunidades dos estudantes para trabalhar com representações gráficas (Roth e Bowen, 1999). Dessa forma, os gráficos ainda não têm um papel preponderante na representação, na leitura e na compreensão dos fenômenos químicos nesse tipo de avaliação.

Nas provas dos processos seletivos em estudo, exigem-se poucas transformações de uma representação semiótica para outra. Contrariando os resultados dos estudos de García e Palácios (2006), a conversão mais frequente é a de enunciado para equação química, e não o contrário. Isso pode indicar que a preferência dos professores segue o caminho inverso, ou seja, as conversões de equações para enunciados.

Quando o ensino se orienta para a aprendizagem de um só tipo de registro semiótico e/ou quando não se desenvolvem os processos de conversão de forma a serem compreendidas as transformações entre representações semióticas, podem-se diminuir as possibilidades de transferência da aprendizagem para novas situações nas quais coexistam diferentes formas de representações (Maturano, Aguilar e Núñez, 2009). Assim, recomenda-se que as avaliações como as realizadas pelos vestibulares sinalizem para a importância do uso de diferentes representações semióticas, necessárias a um maior domínio da habilidade de representar e comunicar, cientificamente, os fenômenos químicos. Ao mesmo tempo em que se sugere que os projetos de provas avancem no sentido de fortalecer as exigências e orientações curriculares que vem sendo postas, há mais de 10 anos, pelos documentos oficiais do ensino médio no Brasil.

BIBLIOGRAFIA

- BERG, Craig A; SMITH, Philip. (1994). "Assessing Students' abilities to construct and interpret line graphs: disparities between multiple – choice and free – response instruments", em *Science Education*. v. 78, n. 6, pp. 527-554. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/user/accessdenied?ID=112767917&Act=2138&Code=4717&Page=/cgi-bin/fulltext/112767917/PDFSTART>> [consulta: agosto de 2009].
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (2002a). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)*. Brasília: MEC/Semtec.

- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (2002b). *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática, e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. v. 2, Brasília: MEC/SEB.
- CHASSOT. Attico (2003). *Alfabetização Científica: questões e desafio para a educação*. Ijuí: Ed. Unijuí.
- DUVAL, Raymond (1999). *Semiosis y pensamiento humano*. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali. Colombia: Universidad del Valle y Meter Lang S.A.
- DUVAL, Raymond (2003). Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão da matemática. In: MACHADO, Sílvia Dias Alcântara A. (Org.). *Aprendizagem em matemática. Registros de representação semiótica*. Campinas, SP: Papirus, pp. 11-34.
- GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2001). "Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales, el concepto de modelo didáctico analógico", em *Enseñanza de las Ciencias*. v. 19, n. 2, pp. 231-242. Disponível em: <<http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v19n2p231.pdf>> [consulta: setembro de 2009].
- GARCÍA, José Joaquín; PALACIOS, Francisco Javier Perales (2006). "Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas?", em *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 5, n. 2, pp. 247-259. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART3_Vol5_N2.pdf> [consulta: setembro de 2009].
- LEMKE, Jay L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LIMA, Luciana de; PONTES, Maria Gilvanise de Oliveira (2007). "As dificuldades apresentadas por alunos do 2º ano do ensino médio em relação ao conceito matemático de função" em *IX ENEM - Encontro Nacional de Educação Matemática*. Belo Horizonte. Disponível em: <www.sbem.com.br/files/ix_enem/...de.../RE42964784353R.doc> [consulta: agosto de 2009].
- MATURANO, Carla; AGUILAR, Susana; NUÑEZ Graciela (2009). "Conversion de imagenes al lenguaje escrito. Un desafio para el estudiante de ciencias naturales", em *Revista Eureka, Enseñanza. Divulgacion de las ciencias*. v. 6, n.1, pp. 63-73. Disponível em: <http://www.apac-eureka.org/revista/ Volumen6/Numero_6_1/Maturano_et_al_2009.pdf> [consulta: julho de 2009].
- MORTIMER, Eduardo Fleury (1998). Sobre chammas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: CHASSOT, Attico; OLIVEIRA, Renato José de (Orgs.). *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS.
- POSTIGO, Yolanda; POZO, Juan Ignacio (2000). "Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: La interpretación de gráficas por alumnos adolescentes", em *Infancia y Aprendizaje*. v. 90, pp. 89-110.
- POZO, Juan Ignacio; GOMEZ CRESPO, Miguel Ángel (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid : Ediciones Morata S.L.
- ROQUE. Nídia Franca; SILVA, José Luis P. B. (2008). "A linguagem química e o ensino da química orgânica", em *Química Nova*. v. 31, n.4, pp. 921-923. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2008/vol31n4/33-ED08026.pdf>> [consulta: agosto de 2009].
- ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, Michael G. (1999). "Of cannibals, missionaries, and converts: graphing competencies from grade 89 to professional science inside (classroom) and outside (field/laboratory)", em *Science, Technology & Human Values*. v. 24, n. 2, pp. 179-221. Disponível em: <<http://sth.sagepub.com/cgi/reprint/24/2/179>> [consulta: julho de 2009].
- SUTTON, Clive (1997). "Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje", em *Alambique*. n. 12, pp. 8-32. Disponível em: <<http://alambique.grao.com/revistas/ficha.asp?ID=4& NUMERO=28>> [consulta: setembro de 2009].