ELEMENTOS ESTRUTURADORES DA QUÍMICA ORGÂNICA IMPLÍCITOS NA ARGUMENTAÇÃO DE PROFESSOR E ALUNOS DE GRADUAÇÃO

G. M. Nascimento, M. A. Bueno Filho
Universidade Federal do ABC

RESUMO: Mullins (2008) propõe que o bom desempenho em tópicos de Química Orgânica seria consequência do domínio adequado de elementos fundamentais quais sejam, *eletronegatividade*, *ligação covalente polar*, *efeito estérico*, *efeito indutivo*, *ressonância* e *aromaticidade* pois teriam valor instrumental na resolução de tarefas. O presente trabalho tem como foco investigar como estes elementos estruturantes estão presentes na argumentação desenvolvida por alunos e professores de graduação sob a luz da psicologia cognitiva. Como resultado propomos a *estereoquímica* como mais um elemento estruturador ao modelo de Mullins.

PALAVRAS CHAVE: Química Orgânica, Teoria dos Campos Conceituais, Modelo de Mullins.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Frequentemente, cursos de Química Orgânica são apontados como fonte de dificuldades conceituais, de evasão e de reprovação, provavelmente pelo fato de envolver habilidades que exigem manipulação mental em duas ou três dimensões aliadas a conteúdos de natureza conceitual tais como representações moleculares, orientação espacial de orbitais, distinção das possíveis geometrias moleculares, determinação da configuração absoluta e relação entre estrutura-reatividade (Barke e Engida, 2001).

No que tange o ensino de conceitos de Química Orgânica, Mullins (2008) propõe haver elementos fundamentais que estruturariam o planejamento de atividades destinadas a alunos de graduação bem como as narrativas desenvolvidas em sala de aula. O bom desempenho seria consequência do domínio adequado destes elementos fundamentais quais sejam, *eletronegatividade*, *ligação covalente polar*, *efeito estérico*, *efeito indutivo*, *ressonância* e *aromaticidade*, pois teriam valor instrumental na resolução de tarefas, sozinhos ou em combinações.

Cabe ressaltar que pouco se conhece sobre como estes conceitos são acionados durante a resolução de tarefas de Química Orgânica. Nesta direção, faz parte de nossos objetivos investigar como estes conceitos, elementos estruturantes apontados por Mullins (2008), estão presentes na argumentação desenvolvida por alunos de graduação.

Conhecer em profundidade o funcionamento cognitivo de alunos frente à resolução de problemas poderá fornecer novos subsídios que norteiem propostas de ensino investigativas, sobretudo relacionadas ao Ensino de Química. Para tanto, nos basearemos em preceitos da Teoria dos Campos Conceituais, enunciada por Gérard Vergnaud, tal como será apresentado.

ALGUNS ASPECTOS DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Assim como as propostas de Piaget e de Vygotsky, a Teoria dos Campos Conceituais trata do desenvolvimento cognitivo (Vergnaud, 2009). Vergnaud define Campo Conceitual como um conjunto de conceitos e representações simbólicas intimamente interligadas durante resolução de tarefas. Na acepção deste autor, as tarefas, também denominadas situações, exigem a ação do sujeito, sendo que uma situação complexa poderia ser analisada como uma combinação de tarefas (Moreira, 2002).

Este autor também propõe dois tipos de conhecimento: o *conhecimento operatório* e o *conhecimento predicativo*. A diferença entre elas estaria na forma de como o conhecimento floresce durante a tomada de conduta. Por exemplo, o conhecimento operatório requer conceitos implícitos *nas ações* – ou seja, *durante* a resolução de tarefas – e o conhecimento predicativo exige conceitos explícitos, formalizados e articulados na forma declarativa. Outra ideia de fundamental importância em Vergnaud é o conceito piagetiano de esquema, atuantes como organizadores do processo de pensamento e são acessíveis ao sujeito quando interagem com determinada tarefa (Vergnaud, 2009). No entanto, o acionamento de um determinado esquema frente à resolução de tarefas requer alguns componentes que o alicerçam, tais como: *metas e antecipações*, *regras de ação*, *invariantes operatórios* e *possibilidades de inferência*.

No que tange o processo de formação de conceitos, o autor alega que este fenômeno está associado à tríade (S,I,R), na qual S corresponde às situações, I aos invariantes operatórios e R ao componente ligado as formas verbais e não verbais que permitem a representação de um conceito, bem como suas propriedades, procedimentos e formas de tratamento (Vergnaud, 1990). Nesse sentido, os invariantes operatórios são responsáveis pela operacionalidade dos esquemas constituindo, portanto, o núcleo conceitual fundamental das ações dos sujeitos. Estes invariantes operatórios possuem relação estreita com a estrutura da argumentação desenvolvida durante a resolução de tarefas. Este fato implica considerações acerca dos procedimentos de pesquisa, tal como passaremos a apresentar.

METODOLOGIA

Esta investigação focaliza alunos matriculados na disciplina Funções e Reações Orgânicas do Bacharelado em Química da Universidade Federal do ABC. Deste modo, propusemos uma situação aberta sobre Química Orgânica aos estudantes e ao professor responsável pela disciplina. Estes sujeitos foram convidados a discorrer sobre reações de substituição nucleofílica e de eliminação, de primeira e de segunda ordem, bem como a possível competição entre estes modelos mecanísticos. O instrumento de coleta de dados contou com uma questão de caráter generalista conforme a Figura 1:

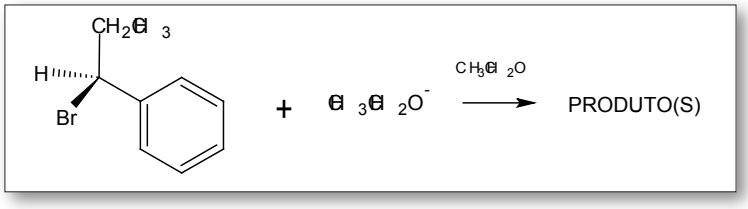


Fig. 1: Questão formulada como base para o instrumento de coleta de dados.

Foram ainda propostos cinco cenários reacionais sobre os quais os participantes da pesquisa deveriam se posicionar (Tabela 1):

Tabela 1.
Características dos produtos de reação
em função dos cenários propostos aos sujeitos de pesquisa.

Cenário	Informações sobre os produtos
1	Reação via S_N1, com formação de par enantiomérico.
2	Reação via S_N2, com formação de produto único com 100% de rendimento.
3	Competição entre reações S_N2 e E1.
4	Competição entre reações S_N1 e E1.
5	Reação via E1, com formação de diasteroisômeros, sendo o isômero trans majoritário.

Em um primeiro momento apresentamos a situação aos estudantes sem restrição de tempo e sem acesso a qualquer tipo de consulta. Passada esta etapa, foi solicitado aos participantes que explicitassem oralmente como procederam para chegar às respostas sobre cada um dos cenários apresentados posicionando-se sobre qual seria o cenário preferencial. As entrevistas semi-estruturadas foram registradas em áudio e vídeo constituindo o material para a Análise Textual Discursiva segundo a proposta de Galiazzi e Moraes (2006) efetuada com o auxílio do software Transana (Woods, 2012).

Estes autores propoem a fragmentação do texto em subconjuntos manejáveis, denominados unidades de significado. A atribuição de significados a estas unidades foi efetuada com base em critérios organizados em três dimensões de análise: conceitos, argumentos e recursos gestuais.

A dimensão conceitual foi categorizada segundo as definições propostas por por Mullins (2008) para a aprendizagem da Química Orgânica. Cabe lembrar que esta dimensão de análise trata justamente do núcleo conceitual predicativo dos sujeitos que participaram da pesquisa. Já a dimensão relacionada aos argumentos foi fundamentada no modelo de argumentação completa de Toulmin (Toulmin,1958; Sá e Queiroz, 2007). Por fim, a categorização dos recursos gestuais segundo estudos no campo da linguística conduzidos por McNeill (1992). Cabe lembrar que Vergnaud (1990) dá especial atenção aos recursos gestuais presentes nas ações dos indivíduos pois os considera como entes portadores de conceitos que integraram enunciados na estrutura cognitiva dos sujeitos. A Tabela 2 sumariza a estrutura adotada para análise dos dados.

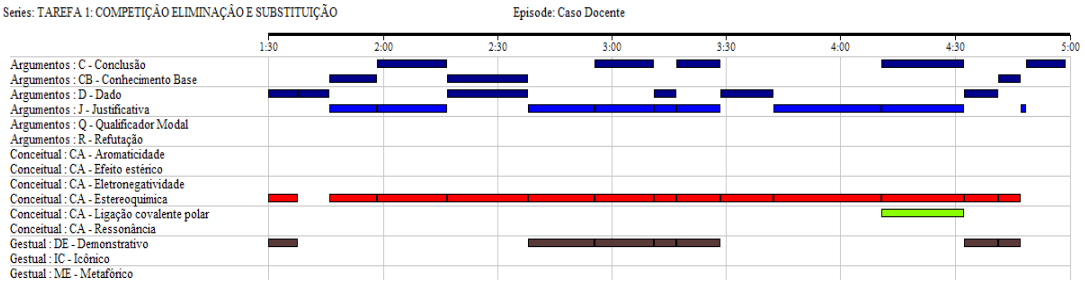
Tabela 2.
Dimensões e categorias adotadas na análise dos dados.

Dimensão	Definição	Categorias
Conceitos	Elementos que dão operacionalidade aos esquemas	conceitos implícitos na argumentação dos sujeitos, com base na proposta de Mullins (2008).
Argumentos	regras de ação que determinam a sequência das ações do aluno.	dado, justificativa, conhecimento básico, qualificador, refutação e inferência.
Recursos Gestuais	movimentos demandados pelos sujeitos em ação, portadores de significados	demonstrativo, batuta, coesivo, metafórico e icônico.

RESULTADOS

Na busca da relação dos invariantes operatórios com a estrutura da argumentação dos participantes da pesquisa, inicialmente efetuamos a Análise Textual Discursiva tanto para o professor como para dois alunos que participaram da disciplina de Química Orgânica. Os diagramas gerados pelo software Transana estão disponíveis na íntegra no Anexo A. Cabe ressaltar que se tratava de um professor que

tinha conhecimento sobre a proposta de Mullins (2008) chegando a considerá-la no planejamento de suas aulas. A Figura 2 apresenta um breve trecho da fala do professor sobre eventos que se passariam com o intermediário de reação relativo à situação proposta.



013 D: então agente tem uma mistura racêmica ... e quando é uma S_N1 tem a formação do carbocátion ...(0:01:58.5)
014 D: ah então formou o carbocátion ... o substituinte pode entrar tanto por cima como por baixo do carbocátion ... aqui tem o hidrogênio o fenila e o CH_2 e CH_3 ... ((desenha um carbocátion contendo orbitais na posição triangular)) (0:02:16.8)
015 D: então a reação S_N1 ela parte do pressuposto que ocorre inicialmente a formação do carbocátion ... independente se este carbono é quiral ou não ... ((desenha a molécula de substrato na lousa)) (0:02:38.0)
016 D: e ele sendo quiral se fosse uma S_N2 o que diferenciaria da Sn1 seria a formação do isômero contrário ... inversão do centro quiral ...obviamente relembrando que tem que ver a ordem de prioridade ...((discursa apontando a folha para a lousa - gesto demonstrativo)) (0:02:55.5)
017 D: mas se nós mantivermos o substituinte saindo bromo como o substituinte o iodo que tem a mesma prioridade nesse carbono quiral nós iríamos ver a inversão da quiralidade deste carbono (0:03:11.2) ...((aponta dedo indicador da mão esquerda para o carbono do substrato))
...
021 D: a gente tem etanol atacando esse substrato ...e ele ataca por trás ... (0:04:10.8)
022 D: então esse grupo vai sair ... como brometo e esse hidrogênio no guarda-chuva ele vem para frente ... então nós podemos obviamente.... ((aponta para o brometo e hidrogênio do substrato - gesto demonstrativo)) (0:04:32.5)
023 D: () mais esse próton perderia para o meio reacional (0:04:41.5)... o etóxido entraria por trás ... e o hidrogênio que antes estava por trás ... ((aponta para o hidrogênio - gesto demonstrativo)) (0:04:47.4)
024 D: vem para frente ...(0:04:48.9)
025 D: ai no caso 2 ... cenário 2 ... é ... uma S_N2...(0:04:59.0)
026 D: isso tudo é a definição ... () (0:05:04.4)"preferência para S_N1 ou S_N2 vai depender de uns parâmetros que não estão escrito no caso que seria

Fig. 2. Trecho da transcrição do Professor de Química Orgânica

Parece-nos significativa a necessidade demonstrada por este professor de elaborar justificativas e inferências a partir da estereoquímica do intermediário de reação. Cabe ressaltar que os elementos fundamentais propostos por Mullins (2008), também surgem na argumentação, frequentemente associados entre si e aliados às justificativas por ele elaboradas. Tal fato é recorrente tanto na argumentação do professor quanto dos alunos A1 e A2 (Figura 3).

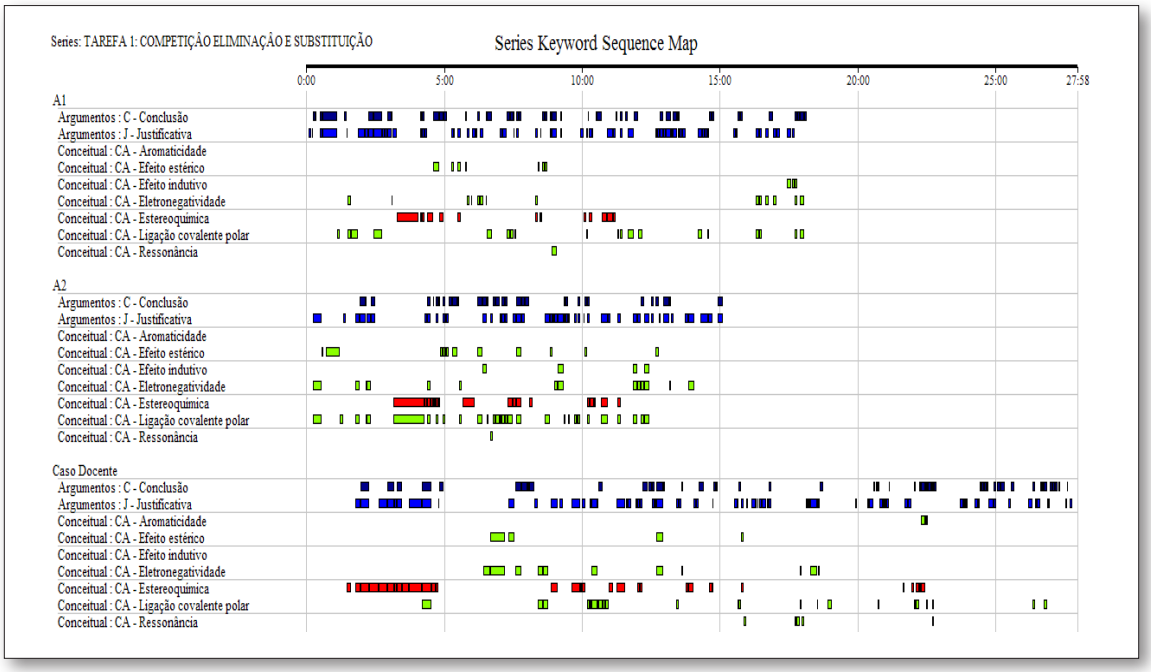


Fig. 3. Associação de conceitos-em-ação e elementos da argumentação de Toulmin

CONCLUSÕES

É possível situar os elementos estruturadores da aprendizagem de Química Orgânica propostos por Mullins (2008) como conceitos presentes na argumentação tanto do professor quanto dos alunos investigados. Contudo, os dados sugerem a estereoquímica como um conceito estruturador adicional sem o qual não é possível efetuar discussões de natureza mecanística sobretudo aos eventos relacionados a intermediários de reação.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rodrigo Luiz Oliveira Rodrigues Cunha e à FAPESP pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barke, H.D.; Engida, T. (2001). Structural chemistry and spatial ability in different cultures. *Chemistry education: research and practice in Europe* , v. 2, n. 3, p. 227-239.

Galiazzi, M. C.; Moraes, R. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação* , v. 12, n. 1, p. 117-128.

Mcneill, D. (1992). *Hand and mind : what gestures reveal about thought*. Chicago: University of Chicago Press.

Moreira, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em ensino de ciências* , v. 7, n. 1, 2002.

Mullins, J. J. (2008). Six Pillars of Organic Chemistry. *Journal Of Chemical Education,* V. 85, n.1, p. 83-87.

Piaget, J. (1975). A relação entre sujeito e objeto. In: CARMICHEL, L. (Ed.). *Manual de psicologia da criança*. São Paulo: EPU, v. 4, p. 71–76.

SÁ, L. P. ; Queiroz, S. L. (2007) . Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Química Nova* (Impresso), v. 30, p. 2035-2042.

Toulmin, S. (1958) *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vergnaud, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Reserches en Didactique des Mathématiques* , v. 23, p. 133-170.

Vergnaud, G. (1991) Morphismes fondamentaux dans les processus de conceptualisation. In: VERGNAUD, G. (Ed.). *Les Sciences Cognitives en Débat*. Paris: CNRS Editions. p. 15–28.

Vergnaud, G. (2009). The Theory of Conceptual Fields. *Human Development* , v. 52, n. 2, p. 83-94.

Woods, C. F. A. D. K. (2012) Transana. In: 2.51B (Ed.). 2.51b. *Madison: Wisconsin Center for Education Research of University of Wisconsin-Madiso*n.