

Avaliação das Competências de Pensamento Científico

José Antonio Chamizo e Mercè Izquierdo

A partir das recentes contribuições derivadas da filosofia da ciência, é discutido o sentido da atividade científica reconhecendo, como uma de suas principais competências, a possibilidade de fazer perguntas. Com base nisso e utilizando a caracterização de Toulmin sobre os problemas e os conceitos, propõe-se uma maneira de avaliar as competências de pensamento científico por meio de um instrumento *ad hoc* identificado como diagrama heurístico.

► competências, pensamento científico, Toulmin, diagrama heurístico ◀

Recebido em 29/10/2007; aceito em 30/10/2007

4

Com freqüência, as armadilhas da linguagem nos impedem de entender o sentido de uma oração e nos forçam a interpretar de forma errônea uma determinada realidade. Por isso, torna-se sempre muito útil examinar o contexto no qual são usadas as orações ou nos quais aparecem os fatos. A descrição da realidade é, então, uma descrição dos contextos nos quais a realidade aparece: a partir dessa descrição, podemos saber no que consiste o que estamos examinando e que sentido tem.

J.M. Terricabras
Atrévete a Pensar 2004

A ciência é uma das contribuições mais importantes da grande aventura intelectual das sociedades humanas ao longo de sua história. Nela são concretizadas a curiosidade e as incansáveis tentativas de representar o mundo no qual vivemos. A ciência é uma criação humana, é uma parte fundamental da cultura, pois sua dimensão social, embora abandonada por muitos, condiciona profundamente

as idéias, algumas vezes de forma velada, mas não por isso menos certa.

Apesar da inequívoca importância da ciência em nossa cultura, a ciência que se apresenta nas escolas e nas universidades – e que reproduzem a maioria dos didáticos – não reflete esse aspecto, e os professores encarregados de recriá-la e transmiti-la, certamente porque não foram preparados para isso, tampouco o fazem (McComas, 2000). Praticamente no mundo todo, a tradição científica é reduzida a uma receita, o chamado método científico, e esquecem os aspectos culturais. Os alunos são obrigados a memorizar uma via supostamente universal para obter ‘conhecimentos comprovados’, a qual sequer usam em suas próprias aulas de ciências e menos ainda nos laboratórios (Chamizo, 2004).

No caso da química, o assunto é ainda pior. No começo do século XX, com o triunfo do positivismo axiomático e teórico como a forma de entender a ciência, sua posição central (marcada inicialmente por sua vocação experimental) ficou reduzida

pela física e utilizada pela biologia. Seu ensino desde essa postura filosófica foi severamente questionado (Vão Aalsvoort, 2004). Em poucas palavras, dizemos que a química é uma ciência, mas fica muito difícil dizer por que o é.

Sobre a Química

A química, tal como a conhecemos hoje, é resultado de uma grande quantidade de heranças que, concretizadas em ofícios, influíram na vida cotidiana de todas as culturas. Não deixa de ser surpreendente que práticas tão diferentes como a do ferreiro – e da metalurgia, do curandeiro – e da farmácia, do oleiro – e da cerâmica, do padeiro – e da biotecnologia tenham podido estar reunidas e terminar por se fundirem em um campo comum: a química, na qual a transformação da matéria é estudada, praticada e transmitida (Izquierdo, 2001). No entanto, isso é possível por meio de um método particular, de uma forma específica de medir e com uma linguagem própria (Chamizo, 2005a) ou também mediante uma lógica particular (Jensen, 1998) e uma filosofia específica (Scerri, 2001).

A visão acumulativa e reduzida da ciência própria do positivismo lógico foi severamente questionada desde os anos 1960, particularmente por Kuhn (1970), Toulmin (1972) e Laudan (1977): esses dois últimos com uma proposta de que a ciência avança por meio da resolução de problemas, e o primeiro por sua interpretação do avanço da ciência a partir de processos revolucionários nos quais uma comunidade científica abandona um paradigma para assumir um outro. Desde então, tem ocorrido uma intensa discussão, ainda não resolvida, sobre a natureza da ciência e da mesma atividade científica (Chalmers, 1999), uma de cujas conseqüências foi a dos filósofos da ciência não terem podido demonstrar que as leis podem ser axiomatizadas nem que podem ser derivadas de uma matéria em outra. De fato, há propostas de explicação da ciência sem necessidade de recorrer às leis (Giere, 1999).

A partir de tudo isso e com as contribuições provenientes das ciências cognitivas nos últimos anos, tem sido construído um mínimo, mas certo, consenso sobre outras formas de enfrentar os processos de aprendizagem (Duschl, 1994; Matthews 1994; Justi 2002). Assim, para reimplantar o ensino da ciência, é indispensável aspirar a ter mais e melhores docentes, que ensinem a pensar de forma que os alunos aprendam (Nickerson, 1988). Por isso e como já foi dito, não é suficiente, como tem sido feito até agora, aprofundar no conhecimento específico da disciplina correspondente (embora sem dúvida seja fundamental). Além disso, é necessário incorporar a reflexão sobre a estrutura da ciência e o papel que esta tem jogado em nossa sociedade e, principalmente, é necessário discutir dinâmica de mudança, posto que o que queremos conseguir é que os conhecimentos dos alunos evoluam até torná-los rigorosos e úteis. Para isso, é necessário escolher, dentre a enorme quantidade de informação gerada, aquela que permita desenvolver as competências requeridas em um mundo cada vez mais cambiante e que, pelo menos, prepare melhor para um futuro que não está predeterminado.

A história em geral e a da ciência em particular tem nos ensinado que as respostas corretas para as perguntas de um dado tempo, anos depois, foram consideradas errôneas. Os heróis foram convertidos em vilões e vice-versa. Não há verdades absolutas... 'a ciência é mais uma viagem que um destino'. Essa viagem é o que propomos aos alunos aos quais ensinamos ciências. O destino é sua própria atuação em um mundo que está por vir.

Em vista de tudo isso, o que parece inadiável é o desenvolvimento de uma proposta educacional imersa em um contexto social, científico e tecnológico, sem perder de vista o uso de que o futuro cidadão dará à ciência, mesmo não se dedicando a ela. Por isso, falamos de habilidades do pensamento científico, inspiradas na história e na filosofia da química, que serão concretizadas em uma atividade crucial: a resolução de problemas (Chamizo, 2005).

Sobre a atividade científica

Aceitando o papel central dos problemas no avanço da ciência, Toulmin (1972) avança na caracterização dos problemas por meio da expressão:

problemas = ideais explicativos – capacidades correntes

Assim, os problemas se apresentam na "distância" que há entre aquilo que uma comunidade ou um indivíduo aspira a compreender (o que é denominado "ideais explicativos") e a capacidade que tem essa comunidade ou indivíduo para alcançá-lo. Essa distância é diminuída ou desaparece quando emergem novos conhecimentos. Entretanto, veja bem, essa aspiração é concretizada geralmente mediante perguntas, e estas que concretizam os problemas são perguntas de seu tempo. Sobre a combustão, por exemplo, não foi perguntado o mesmo a Lavoisier que a Yuan T. Lee (Prêmio Nobel em 1986 por sua investigação da dinâmica de processos químicos elementares) praticamente 200 anos depois.

As perguntas e suas soluções, os problemas de seu tempo, as leis e os

modelos que permitem reconhecer padrões e as teorias sobre o mundo formam parte de uma atividade humana (a dos cientistas), que inclui o que estes fazem em seus laboratórios e a maneira como 'vivem' as perguntas que se fazem e tentam responder. Sobre isso, a destacada pesquisadora educacional R. Driver disse (2000):

A atividade principal dos pesquisadores é avaliar qual de entre dois ou mais modelos rivais se encaixa com a evidência disponível e, portanto qual representa a explicação mais convincente para determinado fenômeno no mundo.

Graças a esse laborioso processo de conseguir que se encaixem os modelos e os fenômenos do mundo, os conceitos científicos são modificados. Assim, os conceitos que agora são aprendidos na aula de ciências são os resultados de muitas perguntas, de problemas resolvidos e de problemas sem resolver, de aplicações mais ou menos afortunadas que foram enigmas em seu momento. Por isso, integram uma complexidade tal que é necessário distinguir neles três características ou dimensões que, assim como permitiram construí-los, vão permitir utilizá-los: a linguagem, as técnicas de representação e os procedimentos de aplicação da ciência. Os dois primeiros referem-se a aqueles aspectos simbólicos da explicação científica – isto é, a atividade científica que chamamos explicar –, uma das formas nas quais tornamos públicos os nossos pensamentos, uma das formas na qual uma geração transmite a outra o conteúdo de uma ciência, uma "enculturação". Estes só têm um uso genuinamente explicativo quando são aplicados no mundo. Assim, o terceiro aspecto compreende o reconhecimento de situações nas quais são apropriadas essas atividades simbólicas, o entorno.

Essas reflexões têm importantes conseqüências para a educação e nos ajudam a precisar o que entendemos por competências de pensamento científico e como podemos avaliá-las.

Sobre a avaliação das habilidades de pensamento científico

Falar de 'competências de pensamento científico' (o tema que dá título a este trabalho), só tem sentido desde essa perspectiva: a de uma ciência que é vivida, que é feita, que evolui ao ritmo de novas finalidades humanas e do por que não decaí a capacidade humana de formular interrogantes.

O que entendemos por competências? Existe agora uma intensa discussão sobre o tema (Sarramona, 2005). Brevemente pode ser dito que uma competência apela a saber, a saber fazer, a ser, a viver com outros em situações da vida nas quais será necessário decidir como agir. Se a competência tem a ver com a ciência, a situação é tal que mobiliza conhecimentos que não podem ser 'de livro', mas que correspondem a uma atividade científica. Assim, não é possível isolar o 'saber científico' da vida: de suas aplicações, de suas implicações, do seu significado com relação a outras matérias. Chegamos assim ao ponto crucial: a ciência não começa nos fatos, mas nas perguntas, e estas dependem do marco teórico do qual são formuladas.

Assim, os fatos não são independentes dos observadores nem de suas formas de ver o mundo. A sociedade na qual vivem, dia após dia, os pesquisadores e/ou os docentes e/ou os alunos (os dois últimos em um projeto de ciência escolar), determina

ou limita o tipo de perguntas que são feitas ou que podem ser respondidas por eles mesmos, além de influenciar em suas conclusões, devido à presença ou ausência de programas educacionais de pesquisa científica, de reconhecimentos ou punição à mesma atividade e de tolerância ou imposição de áreas de investigação. Em poucas palavras, as perguntas que os pesquisadores se fazem e/ou os docentes e/ou os alunos correspondem às que tradicionalmente as sociedades ou as escolas aceitam, mas na medida em que a escola atual se abre ao futuro e educa o sentido crítico e a capacidade de decidir razoavelmente, podem emergir novas perguntas. Estas serão apropriadas para desenvolver competências e para avaliá-las, mas também farão possível um futuro mais criativo, no qual a ciência continue contribuindo com conhecimentos sobre o mundo.

Como já foi dito antes, as perguntas concretizam os problemas. Por isso, aprender a perguntar é uma competência e aprender a avaliá-la é uma necessidade (Doran 2002). Como é mostrado na Tabela 1, existem vários tipos de perguntas (Chamizo, 2000) e as que aqui nos interessam, as que têm a ver com o conhecimento científico no âmbito de uma ciência escolar (Izquierdo 1999) que aspira a que os alunos sejam competentes em pensamento científico, são as abertas. Uma vez formulada a pergunta que de algu-

ma forma concretiza um problema, a melhor estratégia para abordar sua resolução parece ser aquela elaborada, há alguns anos, por Gowin por meio da sua já famosa *Vê* epistemológica ou heurística. Essa estratégia foi desenvolvida primeiramente para ajudar estudantes e professores a esclarecer a natureza e os objetivos de um laboratório de ciências. Tendo sido modificada e adaptada (Izquierdo, 1995), pode ser utilizada para analisar uma leitura, planejar uma investigação, preparar uma aula, como instrumento para análise de currículos. Acreditamos que é também de muita utilidade na avaliação de um trabalho teórico e experimental (Chamizo 2000), na qual devem ser entrelaçadas adequadamente para mostrar 'competência de pensamento científico'. Com base nisso, Novak e Gowin disseram (Novak, 1988):

Apesar da elaboração de diagramas Vê ser uma tarefa relativamente complexa, nossa experiência indica que os estudantes respondem positivamente a ela. Especialmente quando é comparada aos trabalhos por escrito, o diagrama Vê resulta ser uma maneira esquemática para pôr de manifesto o que compreendem os estudantes a respeito de um tema ou uma área de estudo, e também os ajuda a organizar as idéias e a informação.

Tabela 1: Características das perguntas.

PERGUNTAS		
Fechadas	Semi	Abertas
São respondidas em uma ou duas palavras e a resposta está em uma determinada página de um livro ou caderno de anotações.	A pergunta geralmente requer uma ou duas orações para ser respondida. A resposta não está em um lugar determinado de um livro ou caderno de anotações. No entanto, se o material de que se tem posse é entendido, então há a possibilidade de respondê-la.	Para ser respondida, a pergunta requer ao menos um parágrafo. A resposta não se encontra em um livro só.
A resposta é correta ou errada.	A resposta pode ser correta se estiver bem explicada, mas também pode estar errada.	A resposta é correta se estiver de acordo com a informação mostrada nos livros e/ou cadernos de anotações, além de estar bem explicada.
Geralmente começam com O QUE, ONDE ou QUANDO.	Geralmente começa com COMO.	Geralmente começam com POR QUE ou QUE SE PASSARIA.

Temos introduzido algumas mudanças no Vê para que ela cumpra a dupla função de sustentar o aluno no seu aprendizado e de fornecer informações para o professor para que ele possa continuar com esse processo em seus alunos e, finalmente, avaliá-los (Figura 1). A primeira é a mudança de nome para diagrama heurístico. A segunda corresponde à parte conceitual, o pensar, no qual temos introduzido uma modificação inspirada em Toulmin (1972). Dessa forma, diferentemente de outras Vê, que aqui propomos no lado esquerdo, ficam as três características dos conceitos antes citados: a linguagem, as técnicas de representação, ou os modelos (Izquierdo, 2005) e os procedimentos de aplicação da ciência. Na Tabela 1, facilitamos critérios para sua avaliação que procuram integrar, entre si, as quatro partes principais do diagrama (Fatos, Pergunta, Pensar e Fazer) na resposta.

Na Figura 2, é mostrado um exemplo do uso do diagrama heurístico para responder à seguinte pergunta aberta: por que não aumenta o nível da água quando um cubo de gelo é fundido nela? Como pode ser observado na parte esquerda, são indicados somente os nomes dos conceitos mais importantes (os alunos devem conhecer seu significado) assim como o conceito do modelo cinético molecular (que também não é explicado aqui, mas que também deve ser conhecido). Na parte metodológica, foi indicado o que teria de ser feito em lugar de mostrar dados específicos. Não esquecer que geralmente há mais de um modelo que pode ser utilizado para responder à pergunta e esses modelos têm uma série de termos próprios associados (por exemplo, a palavra órbita corresponde ao modelo atômico de Bohr e não ao de Rutherford). Utilizando o registro de aprendizagem da Tabela 1, o diagrama da Figura 2 obteria entre 13 e 15 pontos (3 para a parte de pensar, metodologia e para a resposta e, a critério do avaliador, entre 2 e 3 para os fatos e a pergunta).

É importante citar que o lado direito e o lado esquerdo do diagrama

ma heurístico estão estreitamente relacionados e que é necessário assegurar que a pergunta inicial seja devidamente respondida. Quando

um desses diagramas é construído, o estudante está pensando e pensando novamente, organizando suas idéias e a informação disponível. Essa

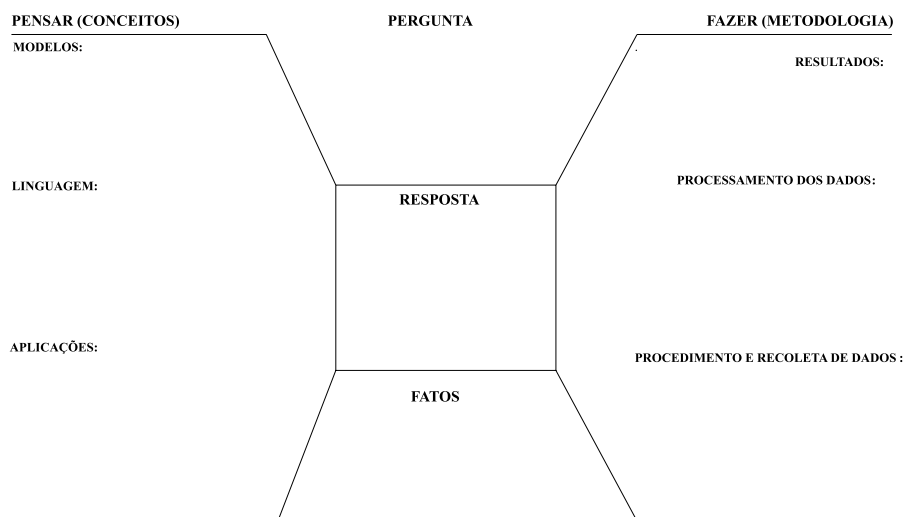


Figura 1: Diagrama heurístico.

Tabela 2: Registro de aprendizagem do diagrama heurístico

PONTOS	CARATERISTICAS	
		Fatos
0	Não há fatos.	
1	São identificados fatos .	
2	São identificados fatos e alguns conceitos.	
3	São identificados fatos, alguns conceitos e alguns aspectos metodológicos.	
		Pergunta
0	Não há pergunta.	
1	Há uma pergunta baseada nos fatos.	
2	Há uma pergunta baseada nos fatos e que inclui conceitos.	
3	Há uma pergunta baseada nos fatos, que inclui conceitos e que sugere aspectos metodológicos.	
		Conceitos
0	Não há conceitos.	
1	São identificadas as aplicações.	
2	São identificadas as aplicações e a linguagem.	
3	São identificados as aplicações, a linguagem e o(s) modelo(s).	
		Metodologia
0	Não há metodologia.	
1	Há recompilação de dados.	
2	Os dados são processados por meio de tabelas e/ou gráficos.	
3	Com os dados processados, é obtido um resultado.	
		Conclusão e/ou resposta
0	Não há conclusão.	
1	A conclusão é muito semelhante ao resultado da parte metodológica.	
2	A conclusão incorpora, além do resultado da parte metodológica, os fatos.	
3	A conclusão incorpora, além do resultado da parte metodológica, os fatos e os conceitos.	

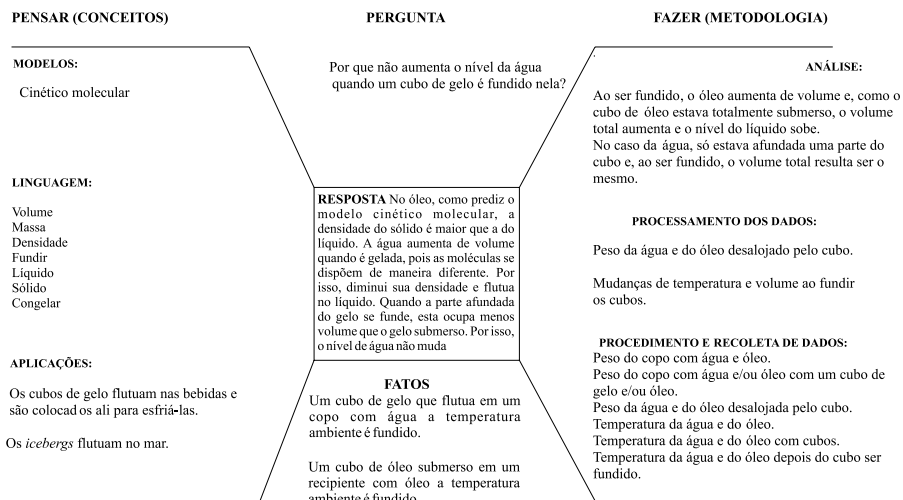


Figura 2: Diagrama heurístico. Exemplo.

organização ocorre de acordo com a estrutura cognitiva de cada um

dos estudantes e, portanto, é uma construção única, própria de cada um

deles. É importante ressaltar que para um mesmo experimento, as perguntas relevantes podem ser diferentes para estudantes diferentes. Portanto, essas perguntas podem conduzir a considerar como importantes outros registros e transformações.

Saber formular perguntas e compartilhar dúvidas e soluções para, então, resolver um problema determinado é uma competência de pensamento científico que o diagrama heurístico permite avaliar (e auto-avaliar) de maneira certa.

José Antonio Chamizo (jchamizo@servidor.unam.mx) é professor da Universidad Nacional Autónoma de México. **Mercè Izquierdo** (merce.izquierdo@uab.es) é professora da Universidad Autónoma de Barcelona

Referências

CHALMERS, F.A. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* México: Siglo XXI, 1999.

CHAMIZO, J.A. *Antología de la enseñanza experimental*. México: Facultad de Química-UNAM, 2004.

_____. Hacia una cultura química, *Ciencia Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 56, p. 6-16, 2005a.

CHAMIZO, J.A.; HERNÁNDEZ, G. Evaluación de los aprendizajes. Cuarta parte: Construcción de preguntas, V de Gowin y examen ecléctico individualizado. *Educación Química*, 11, p 182-187, 2000.

CHAMIZO, J.A.; IZQUIERDO M. Ciencia en contexto: una visión desde la filosofía. *Alambique*, 46, p. 9-17, 2005.

DORAN, R.; CHAN F.; TAMIR P.; Lenhardt C. *Science educators's guide to laboratory assessment*. Arlington: NSTA Press, 2002.

DRIVER, R., NEWTON P, OSBORNE J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R.A. Research on the history and philosophy of science. In: Gabel, D. (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: MacMillan, 1994, p. 445-455.

GIERE, R.N. *Science without laws*. Chicago: University of Chicago Press, 1999.

IZQUIERDO, M. La V de Gowin como instrumento para la negociación de los lenguajes. *Aula*, 43, p. 27-34, 1995.

_____. El naixement de la Química Moderna. *Revista de la Societat Catalana de Química*, 2, p. 43- 48, 2001.

IZQUIERDO, M.; CHAMIZO, J.A. Toulmin's concepts and problem characterization in chemistry and chemistry teaching. *Proceedings from the 8th International History and Philosophy of Science teaching Group International Conference*, Leeds, 2005.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M., GARCIA, M.P.; PUJOL, R.M. Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, junio, p. 79-92, 1999.

JENSEN, W. Does chemistry have a logical structure. *Journal of Chemical Education*, 75, p. 679-687, 1998.

_____. Can we unmuddle the chemistry textbook? *Journal of Chemical Education*, 75, p. 817-828, 1998.

_____. One Chemical revolution or three? *Journal of Chemical Education*, 75, p. 961-969, 1998.

JUSTI, R.; GILBERT, J.K. (2002). Philosophy of chemistry in university chemical education: The case of models and modeling. *Foundations of Chemistry*, 4, p. 213-240, 2002.

KUHN, T. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago

Press, 1970.

LAUDAN, H. *Progress and its problems*. Berkley: University of California, 1977.

MATTHEWS, M.R. *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

McCOMAS, W.F. *The nature of Science in Science Education. Rationales and strategies*. Kluwer: Dordrecht, 2000.

NICKERSON, R.S.; Perkins, D.N. Smith, E.E. *Enseñar a pensar*. Barcelona: Paidós, 1988.

NOVAK, J.; GOWIN, R. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press, 1984.

SARRAMONA, J. Las competencias básicas y su incidencia en el currículum. In: García, F. (Compilador). *El informe PISA 2003: un enfoque constructivo*. México, Santillana, 2005.

SCERRI, E.R. Philosophy of chemistry – a new interdisciplinary field? *Journal of Chemical Education*, 77, p. 522-525, 2001.

TOULMIN, S. *Human understanding*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

Van AALSVOORT, J. Logical positivism as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education*, 26, p. 1151-1168, 2004.

Abstract: Competence assessment in scientific thought. From the recent contributions derived from the philosophy of science the sense of the scientific activity is discussed recognizing the possibility of making questions, like one of the main competences. Of the previous thing and using the characterization of Toulmin on the problems and the concepts a way sets out to evaluate the competences of scientific thought through an *ad hoc* instrument identified like heuristic diagram.

Keywords: competitions, scientific thought, Toulmin, heuristic diagram