

## **PENSAMENTO CIENTÍFICO EM ARTIGOS PUBLICADOS DE 2015 A 2019 EM PERIÓDICOS DE ENSINO DE FÍSICA**

### **SCIENTIFIC REASONING IN ARTICLES PUBLISHED FROM 2015 TO 2019 IN PHYSICS EDUCATION RESEARCH JOURNALS**

**Danielle Rocha<sup>1</sup>, Arnaldo Vaz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais/Faculdade de Educação/danirocha@ufmg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais /COLTEC/arnaldomvaz@gmail.com

#### **Resumo**

O pensamento científico tem sido investigado por psicólogos por quase um século. Considerado como uma versão altamente ordenada do pensamento cotidiano e útil na solução de problemas diversos, o pensamento científico tornou-se objeto de pesquisa e objetivo educacional. Neste trabalho, repetimos a metodologia de um levantamento sobre o tema apresentado no XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física e comparamos os resultados. Usando pensamento científico e raciocínio científico como palavras-chave, encontramos a mesma quantidade de publicações em periódicos exclusivamente dedicados ao Ensino de Física (N=8) para o período de 2015 a 2019. Notamos que ainda há escassez de trabalhos que investigam o pensamento científico como processo. Além disso, notamos que houve uma mudança no foco da maioria das pesquisas em relação ao período anterior: a aprendizagem conceitual deu lugar às estratégias gerais de raciocínio. Contudo, observamos que testes validados pela psicologia cognitiva continuam sendo utilizados como um dos principais recursos de construção de dados.

**Palavras-chave:** pensamento científico; ensino de Física; levantamento bibliográfico.

#### **Abstract**

Scientific reasoning is considered a more refined version of everyday thinking and it has been investigated for almost a century. The idea that scientific reasoning can be applied in diverse contexts and problem solving supports its value not only as an object of research but also as a goal of formal education. Inspired by a bibliographical review on the topic presented in a Brazilian Physics Education Research conference in 2014, we applied the same methodology used in that paper to compare the results. Using scientific reasoning and scientific thinking as keywords, we have found 8 articles published between the years 2015 and 2019 in physics education research journals. We noticed that the scarcity of investigations that deal with the development of scientific reasoning as a process remains. We also observed that conceptual learning is not the main focus of the majority of the studies anymore whereas more attention has been given to general reasoning strategies associated with scientific thinking. To conclude, it is perceived that tests influenced and validated by cognitive psychology continue to be one of the most used methods to collect data.

**Keywords:** scientific reasoning, teaching of physics, bibliographic review.

## **Introdução**

Em 2014, Faria e Vaz apresentaram no XV EPEF um levantamento das publicações que tinham o pensamento científico como objeto de interesse (FARIA; VAZ, 2014). Em busca restrita a periódicos da área no período 2010-2014, eles encontraram apenas oito artigos publicados. Além de considerarem o número pequeno diante da quantidade de publicações no período, os autores notaram que demandas sociais e orientações educacionais enfatizam a importância de se aprender a pensar como cientista.

Internacionalmente, a grande ênfase dada ao pensamento científico chega a ser preocupante. Roberts (2011) destacou que, por vezes, o pensamento científico tem papel tão destacado na formulação curricular que parece ser entendido como padrão de raciocínio e suficiente para lidar com as mais diversas questões humanas. Como Roberts, não temos tanta expectativa em relação ao pensamento científico. Apesar disso e apesar desse tópico ocupar pouco espaço no debate educacional brasileiro, o pensamento científico é ocasionalmente invocado.

O pensamento científico está contido na atual Base Nacional Curricular Comum (BNCC), mesmo que sua aparição ainda seja modesta. Citado na área de Ciências da Natureza do Ensino Médio, seu caráter dual de especificidade e generalidade está presente: “o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos.” (BRASIL, 2018, p. 548). Essa concepção de que o pensamento científico é útil em muitas situações cotidianas e profissionais é uma das justificativas para o tópico integrar currículos escolares. A possibilidade de desenvolver tal habilidade no contexto escolar faz de sua aprendizagem um fenômeno que vale a pena ser investigado.

Inspirados na metodologia de Faria e Vaz (2014) fizemos um levantamento semelhante para o período 2015-2019 com o propósito de avaliar a maneira que o pensamento científico tem sido investigado e compreendido na literatura recente de pesquisa em Ensino de Física.

## **Pensamento Científico**

Temos a concepção de que o pensamento científico é constituído por conhecimentos de domínio específico (conceitos, leis, teorias e modelos da Ciência) e por estratégias de domínio geral – como “observar, elaborar perguntas, conduzir experimentos, avaliar evidências, construir modelos e gerar explicações” (DUNBAR; KLAHR, 2012; ENGELMANN; NEUHAUS; FISCHER, 2016; FARIA, 2016; FARIA; VAZ, 2014, 2017, 2018; KUHN, 2002; WILLIAMS et al., 2004; ZIMMERMAN, 2000; ZIMMERMAN; KLAHR, 2018). Ao dizer que pensamento científico é a soma de conhecimentos específicos e processos gerais nós reconhecemos a divisão da literatura sobre o tema em duas principais linhas de pesquisa - a compreensão conceitual e as práticas científicas (ZIMMERMAN; KLAHR, 2018).

Osborne (2013) considera que há um predomínio de estudos sobre pensamento científico dedicados aos aspectos mais gerais e menos dependentes de conhecimentos de domínio específicos disciplinares das Ciências. O autor atribui essa predominância aos psicólogos, que se dedicam a investigar processos de raciocínio amplamente aplicáveis. De fato, psicólogas e psicólogos já se interessavam pelo desenvolvimento cognitivo há quase um século. Para elas e eles,

o pensamento científico é uma versão altamente organizada e refinada do pensamento do cotidiano (ZIMMERMAN; KLAHR, 2018).

O predomínio dos aspectos mais gerais não aparece no levantamento, feito por Faria e Vaz (2014), nas revistas sobre o Ensino de Física no período de 2010 a 2014. As pesquisas sobre pensamento científico dos estudantes publicadas então são majoritariamente dedicadas ao desenvolvimento de conceitos. Fizemos novo levantamento da produção no intervalo de 2015 a 2019 para verificarmos se tal tendência se manteve. Mostramos aqui as mudanças que ocorreram nas concepções de autores e de autoras sobre pensamento científico.

## Metodologia

Inicialmente, buscamos pelos termos *pensamento científico* e *raciocínio científico*. Restringimo-nos ao intervalo 2015-2019 e a sete periódicos – só dois do Brasil: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* – CBEF; *Revista Brasileira de Ensino de Física* – RBEF; *American Journal of Physics* – AJP; *Latin American Journal of Physics Education* – LAJPE; *European Journal of Physics Education* – EJPE; *Physics Education* – PE – e *Physical Review Physics Education Research* – PRPER.

Em seguida, lemos os resumos publicados para avaliar se o pensamento científico de estudantes da Educação Básica ou Superior era o principal objeto de interesse das investigações – o único critério de seleção estabelecido no trabalho de 2014.

Por fim, elaboramos resumos estruturados dos trabalhos triados. Só lemos o corpo do texto de um artigo quando ficamos na dúvida se o trabalho era uma investigação sobre pensamento científico ou quando o resumo publicado não tinha as informações necessárias para o resumo estruturado.

## Resultados

### Características Gerais dos Periódicos e Pesquisas

**Quadro 1** - Características dos Periódicos e Dados da Sondagem

Periódico	País	Periodicidade	Qualis	Nº de Artigos Levant. Inicial	Nº de Artigos Pós-Triagem
CBEF	Brasil	Quadrimestral	A2 (Ensino), B2 (Educação)	0	0
RBEF	Brasil	Quadrimestral	A1 (Ensino), B1 (Educação)	9	0
LAJPE	México	Quadrimestral	A2 (Ensino),	1	0
AJP	EUA	Mensal	A1 (Ensino),	14	0
EJPE	Turquia	Quadrimestral	Não indexado	0	0
PE	Reino Unido	Bimestral	A1 (Ensino), A2 (Educação)	19	0
PRPER	EUA	Semestral	Não indexado	87	8

Encontramos 130 artigos na fase de triagem, quantidade significativamente maior de artigos para a mesma fase para o período de 2010 a 2014 (N=24). Contudo, a quantidade de pesquisas selecionadas após a triagem foi equivalente (N=8). O PRPER foi o periódico que retornou mais resultados para a busca nos dois períodos.

No período anterior, os oito trabalhos selecionados haviam sido publicados por quatro periódicos diferentes (CBEF, EJPE, LAJPE e PRPER). Agora, os oito trabalhos com relatos de pesquisa sobre pensamento científico de estudantes do Ensino Médio ou Superior foram publicados no PRPER. Todas são pesquisas empíricas.

Ressalva: a ferramenta de busca do site do LAJPE não estava gerando resultados, mesmo para o período de 2010 a 2014, o que sugere que a ferramenta estava com erros. Por tal motivo, refizemos a busca através de uma das bases de dados quais o periódico está indexado (DialNet).

**Quadro 2** - Características gerais das investigações sobre o pensamento científico

ARTIGO	NATUREZA	FONTE DE DADOS	PARTICIPANTES	TÓPICO DE ENSINO
(GETTE; KRYJEVSKAIA, 2019)	Empírica	Teste de reflexão cognitiva (CRT)	144 alunos matriculados no curso de mecânica introdutória	3ª Lei de Newton
(MASHOOD; SINGH, 2019)	Empírica	FCI, CSEM, TRCL, e teste sobre cinemática rotacional	1118 estudantes entre 16 e 18 anos	Diversos
(BAO et al., 2018)	Empírica	LCTSR, questões abertas e entrevistas	Graduandos matriculados em disciplinas de Física introdutória	Diversos
(XIAO et al., 2018)	Empírica	Teste de Lawson (LCTSR)	Estudantes chineses e estadunidenses de diferentes níveis de escolaridade	Diversos
(HECKLER; BOGDAN, 2018)	Empírica	Registros escritos	Graduandos matriculados na disciplina de Física	Dinâmica
(RUSS; ODDEN, 2017)	Empírica	Gravações em vídeo	4 estudantes da área da saúde	Elestrostática
(LENIZ; ZUZA; GUISASOLA, 2017)	Empírica	Registros escritos	144 graduandos	Campo elétrico e circuitos
(JELICIC; PLANINIC; PLANINSIC, 2017)	Empírica	Entrevistas individuais	9 estudantes de 16-17 anos	Eletromagnetismo

O conceito de pensamento científico pode ser definido de diversas maneiras e, por isso, também pode ser acessado por diferentes estratégias de investigação.

Testes de múltipla-escolha influenciados e validados pela psicologia cognitiva constituíram a construção de dados de metade dos trabalhos selecionados. O Teste

de Reflexão Cognitiva (TRC) foi utilizado em uma única pesquisa e o Teste de Raciocínio Científico de Lawson (TRCL) nas outras três.

O TRC é considerado capaz de avaliar a habilidade de mediar os pensamentos intuitivos através de raciocínios mais analíticos, uma vez que as questões contidas nele são consideradas capazes de gerar respostas intuitivas rápidas e geralmente incorretas (GETTE; KRYJEVSKAIA, 2019). Já o TRCL se aproxima mais da definição de pensamento científico deste trabalho. Segundo Bao e colegas (2018), ele é comumente usado na Pesquisa em Ensino de Física para relacionar o pensamento científico à aprendizagem de conhecimentos específicos da Física.

Dois dos trabalhos selecionados questionam validade do TRCL para o estudo do pensamento científico. Um analisa sua confiabilidade de acordo com o modelo de ajuste utilizado para a pontuação das respostas (XIAO et al., 2018) e o outro através da qualidade das perguntas direcionadas a avaliação de uma dessas habilidades específicas (BAO et al., 2018). Esse último combina o TRCL a questões abertas e a entrevistas do tipo think-aloud. Ambos trabalhos indicam que o teste apresenta uma boa confiabilidade de modo geral, mas que seus resultados devem ser interpretados com parcimônia.

Mashood e Singh (2019) combinam o TRCL aos conhecidos testes Inventário Conceitual de Força (FCI), ao Questionário Conceitual de Eletricidade e Magnetismo (CSEM) e a um teste sobre cinemática rotacional, elaborado pelos próprios autores. Através de tais testes, apontam que o conhecimento de conteúdos específicos da Física “não necessariamente impactam na capacidade de os estudantes pensarem cientificamente”.

Dois trabalhos utilizaram questões de múltipla escolha elaboradas pelos próprios pesquisadores. Heckler e Bogdan (2018) analisaram respostas de questões múltipla e questões abertas referentes à Dinâmica. Já Leniz, Zuza e Guisasola (2017) analisaram respostas de três questões abertas sobre circuitos de corrente contínua. Ambos direcionam suas análises às estratégias utilizadas para responder às questões, não à aprendizagem de conceitos.

A única pesquisa que utilizou gravações em vídeo como parte da construção de dados (RUSS; ODDEN, 2017) também não foca na aprendizagem de conceitos. Trata-se de um estudo de caso em que as discussões de um pequeno grupo de estudantes resolvendo um tutorial sobre eletrostática foram gravadas para se investigar qual a relação entre as habilidades de raciocinar com base em evidências e raciocinar através de modelos do pensar cientificamente (idem).

Uma pesquisa adotou entrevistas individuais como único recurso da construção de dados (JELICIC; PLANINIC; PLANINSIC, 2017). Trata-se de investigação sobre os modelos mentais de eletricidade e magnetismo de estudantes. Ao contrário das pesquisas citadas anteriormente, Jellicic, Planinic e Planinsic (2017) analisaram quão fisicamente corretos são os modelos elaborados pelos estudantes.

### ***Ideias sobre o pensamento científico e sua investigação***

Apenas três trabalhos – dos oito selecionados – caracterizam o pensamento científico de maneira explícita.

Bao et al. (2018) afirmam que o pensamento científico é altamente relacionado ao pensamento crítico e às habilidades de raciocínio envolvidas em experimentação,

avaliação de evidências, elaboração de argumentos que modificam ou baseiam conceitos e teorias sobre o mundo natural e social; para eles, tais habilidades podem ser desenvolvidas através de treinamento e transferidas para aprendizagem em outras áreas.

Russ e Odden (2017) teorizam que dois elementos centrais para o pensamento científico são o raciocínio baseado em evidências e a modelagem, e defendem que tais habilidades são retroativas e deveriam ser investigadas como tal. Já no trabalho de Leniz, o pensamento científico é caracterizado apenas pelo uso de modelos e modelagem (LENIZ; ZUZA; GUIASOLA, 2017).

Dois trabalhos observam a relação entre mecanismos cognitivos e o pensamento científico com base na teoria de processos dual de raciocínio (Dual Process Theory of Reasoning). Heckler e Bogdan (2018) investigam as explicações alternativas a partir da acessibilidade cognitiva que consideram crucial para elaborar hipóteses e pensar cientificamente. Gette e Kryjevskaja (2019) acreditam que a habilidade de revisar as respostas intuitivas pode ter um papel significativo no pensamento científico porque são essas concepções intuitivas e inocentes sobre como as coisas funcionam que por vezes prevalecem mesmo após aulas de Física que apresentem ideias contrárias a elas.

Jelicic, Planinic e Planinsic (2017) usam a perspectiva de conhecimento em pedaços (*knowledge in pieces*) e parecem entender que o pensamento científico é composto por habilidades cuja utilização depende dos recursos cognitivos ativados. Além disso, os autores sugerem que a maneira na qual um estudante compreende o conhecimento pode interferir na sua capacidade de pensar cientificamente. De acordo com esses autores, caso uma estudante compreenda o conhecimento como algo que é apenas transmitido, tal estudante tenderá a esperar por respostas prontas já propagadas. Já a compreensão do conhecimento como algo fabricado, possibilitará a ativação de recursos que permitirão à estudante elaborar suas próprias explicações para os fenômenos.

Os dois trabalhos restantes não apresentaram definições de pensamento científico. Entretanto, eles o avaliam através do TRCL, que contém questões dedicadas à conservação de peso e volume, controle de variáveis, raciocínio combinatório, probabilidade e raciocínio hipotético-dedutivo.

### **Considerações finais**

O levantamento feito por Faria e Vaz (2014) sobre o pensamento científico para o período de 2010 a 2014 apontou que as investigações privilegiavam o desenvolvimento conceitual de estudantes e tratam o pensamento como produto de intervenções pedagógicas específicas. Para o novo período, a maioria das pesquisas têm as estratégias associadas ao pensamento científico como principais objetos de interesse. Os conteúdos específicos da Física são usados como recurso para observar as estratégias, mesmo que ainda sejam majoritariamente investigadas como produto e não como processo. Destacamos que tais conclusões foram feitas à luz de duas amostras pequenas e que, portanto, são modestas.

A forte influência da psicologia cognitiva pode ser notada através do uso dos testes (CRT e TRCL) - que constituem a construção de dados de metade dos trabalhos -



mas também no referencial teórico, em que mecanismos cognitivos foram associados à capacidade de pensar cientificamente e investigados com base na Teoria de Processo Dual de Raciocínio.

Finalmente, reiteramos a conclusão do levantamento anterior que sinaliza a escassez de estudos na literatura em Ensino de Física que investigam o pensamento científico, principalmente como processo. Tal carência somada às várias maneiras de definir e investigar o pensamento científico - e até mesmo a ausência de sua definição operacional, muito embora ela seja objeto de pesquisa nos trabalhos - pode trazer à tona a pertinência e a relevância atribuídas a esse construto na Pesquisa em Ensino de Física nos últimos 10 anos.

## Referências

BAO, Lei et al. Validity evaluation of the Lawson classroom test of scientific reasoning. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. 2, p. 20106, 2018.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular - Educação é a base. Brasília: MEC, 2018.

DUNBAR, K.; KLAHR, D. Scientific thinking and reasoning. En K. Holyoak y R. Morrison. **The Oxford handbook of thinking and reasoning**. Oxford handbooks online. 2012.

ENGELMANN, Katharina; NEUHAUS, Birgit J.; FISCHER, Frank. Fostering scientific reasoning in education—meta-analytic evidence from intervention studies. **Educational Research and Evaluation**, v. 22, n. 5–6, p. 333–349, 2016.

FARIA, Alexandre F. **INVESTIGAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO DE ESTUDANTES EM TAREFAS DE FÍSICA EM GRUPO**. 2016. 253f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

FARIA, Alexandre F.; VAZ, Arnaldo M. Pensamento científico em artigos publicados de 2010 a 2014 em periódicos de ensino de física. **Atas do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Maresias, p. 1–8, 2014.

FARIA, Alexandre Fagundes; VAZ, Arnaldo De Moura. Pensamento Científico Empregado Em Tarefas De Física Básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 162, 2017.

FARIA, Alexandre Fagundes; VAZ, Arnaldo De Moura. EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO EM AULAS DE FÍSICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 266–294, 2018.

GETTE, Cody R.; KRYJEVSKAIA, Mila. Establishing a relationship between student cognitive reflection skills and performance on physics questions that elicit strong intuitive responses. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 1, p. 10118, 2019.

HECKLER, Andrew F.; BOGDAN, Abigail M. Reasoning with alternative explanations in physics: The cognitive accessibility rule. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. 1, p. 10120, 2018.

JELICIC, Katarina; PLANINIC, Maja; PLANINSIC, Gorazd. Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 1, 2017.

KUHN, Deanna. What is scientific thinking and how does it develop? In: GOSWAMI, Usha (Ed.). **Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development**: Blackwell Publishers Ltd, 2002. p. 1–23.

LENIZ, Ane; ZUZA, Kristina; GUIASOLA, Jenaro. Students' reasoning when tackling electric field and potential in explanation of dc resistive circuits. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2017.

MASHOOD, K. K.; SINGH, Vijay A. Preuniversity science education in India: Insights and cross cultural comparison. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 1, p. 13103, 2019.

OSBORNE, Jonathan. The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. **Thinking Skills and Creativity**, v. 10, p. 265–279, 2013.

ROBERTS, Douglas A. Competing Views of Scientific Literacy: The influence of a Science Curriculum Policy Image. In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; ROBERTS, D.A., WICKMAN, P.O; ERICKSON, G. MACKINNON (Ed.). **Exploring the Landscape of Scientific Literacy**. New York: Routledge, 2011.

RUSS, Rosemary S.; ODDEN, Tor Ole B. Intertwining evidence- and model-based reasoning in physics sensemaking: An example from electrostatics. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 2, p. 1–14, 2017.

WILLIAMS, Wendy M. et al. Thinking Like A Scientist About Real-World Problems: The Cornell Institute for Research on Children Science Education Program. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 25, n. 1, p. 107–126, 2004.

XIAO, Yang et al. Multilevel Rasch modeling of two-Tier multiple choice test: A case study using Lawson's classroom test of scientific reasoning. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. 2, p. 20104, 2018.

ZIMMERMAN, Corinne. The Development of Scientific Reasoning Skills. **Developmental Review**, v. 20, n. 1, p. 99–149, 2000.

ZIMMERMAN, Corinne; KLAHR, David. Development of Scientific Thinking. In: SIMONA GHETTI (Ed.). **Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience**: John Wiley & Sons, 2018. p. 1–25.