

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

REDUCCIONISMO E EMERGÊNCIA COMO TEMAS CENTRAIS EM ATIVIDADES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

RODRIGO DE SIQUEIRA BICUDO¹, RICARDO ROBERTO PLAZA TEIXEIRA²

¹ Graduando em Licenciatura em Física, Bolsista PIBITI (CNPq), IFSP, Campus Caraguatatuba, rodrigo.bicudo@aluno.ifsp.edu.br.

² Doutor em Física Nuclear pela Universidade de São Paulo e docente do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Campus Caraguatatuba, rteixeira@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 7.08.04.00-1 Ensino-Aprendizagem

Área de conhecimento (Tabela CAPES): 9.02.00.00-0 Ensino de Ciências e Matemática

RESUMO: O presente trabalho busca investigar os significados dos conceitos de reduccionismo e emergência dentro do campo científico e o modo como esses conhecimentos podem colaborar para atividades de educação e divulgação científica. O debate em torno dessa dualidade gerou defensores de ambos os lados, principalmente a partir dos anos 1970. Entretanto a sua natureza filosófica não se limita a uma discussão apenas no âmbito acadêmico, mas também tem desdobramentos educacionais. Assim, é importante explorar a possibilidade de se usar os desdobramentos dessa questão como temas centrais em ações educacionais, como seminários, palestras, sequências didáticas para serem executadas em sala de aula e conferências, sejam elas presenciais ou remotas. Os artigos e livros utilizados na revisão bibliográfica da pesquisa foram obtidos pelo uso de determinados descritores no site de busca “*Google Scholar*”. A leitura e o fichamento de obras da literatura científica de referência obtidas por este modo agregaram conhecimentos importantes para a fundamentação teórica deste estudo e que serão fulcrais para as atividades de divulgação científica planejadas para ocorrer no âmbito dessa pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: analogia; teoria final; leis fundamentais; teoria do conhecimento; unificação.

REDUCCIONISM AND EMERGENCY AS CENTRAL THEMES IN SCIENTIFIC DISSEMINATION ACTIVITIES

ABSTRACT: The present work seeks to investigate the meanings of the concepts of reductionism and emergence within the scientific field and how this knowledge can contribute to educational and scientific dissemination activities. The debate around this duality generated supporters on both sides, especially from the 1970s onwards. However, its philosophical nature is not limited to a discussion only in the academic sphere, but also has educational consequences. Thus, it is important to explore the possibility of using the developments of this issue as central themes in educational actions, such as seminars, lectures, didactic sequences to be performed in the classroom and conferences, whether in person or remotely. The articles and books used in the bibliographic review of the research were obtained by using certain descriptors on the "Google Scholar" search site. The reading and listing of works from the reference scientific literature obtained in this way added important knowledge to the theoretical foundation of this study and that will be central to the scientific dissemination activities planned to take place within the scope of this research.

KEYWORDS: analogy; fundamental laws; theory of knowledge; unification.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo analisar as possibilidades didáticas do trabalho envolvendo o debate sobre emergência e reduccionismo no contexto de atividades de educação e divulgação científica. A investigação realizada procura explorar as formas pelas quais os conceitos de emergência e

reducionismo podem contribuir para a divulgação científica e mitigar pensamentos anticência que, inegavelmente, estão se inserindo de modo crescente na sociedade, por meio de redes sociais e da facilidade que se tem em propagar desinformação pela internet.

Entender com profundidade o debate filosófico e científico envolvendo os temas centrais dessa presente pesquisa pode contribuir, de modo efetivo, para a elaboração de propostas de ensino de ciências, visando uma melhor compreensão sobre como se dá a formação do conhecimento, algo que é vital para a melhoria dos níveis de educação científica dos alunos.

REDUCIONISMO E EMERGÊNCIA

O trabalho que Steven Weinberg (1933-2021) realizou na física de partículas, a partir dos anos 1960, apontou na direção do reducionismo: ele foi um dos físicos responsáveis pela unificação de duas das quatro interações fundamentais da natureza, sendo elas, a interação eletromagnética e a força nuclear fraca. Weinberg ganhou notoriedade com a publicação de livros de divulgação científica, voltados para o público leigo, que defendiam uma busca pela chamada Teoria de Tudo, um tema “vasto” (BARROW, 1994) e que, possivelmente por isso mesmo, ajudou a ideia a ganhar popularidade. Segundo Weinberg, o sonho de uma teoria final tem inspirado muitos dos trabalhos realizados em física de altas energias nas últimas décadas (WEINBERG, 1992). Para ele, uma compreensão da natureza que repousasse em qualquer distinção fundamental entre o mundo das escalas subatômicas (micromundo), o mundo de escalas médias (próximas da ordem do tamanho de um ser humano) e o mundo das escalas cosmológicas (da ordem das distâncias intergalácticas, por exemplo), seria insatisfatória (WEINBERG, 1988).

Um dos pilares de sua argumentação está sustentado na História da ciência. Exemplificando a ideia de unificação, Isaac Newton (1643-1727) explicou os movimentos celestes a partir de um conjunto de leis fundamentais que também se aplicam nos corpos aqui na Terra. Um outro exemplo é o trabalho de James Clerk Maxwell (1831-1879) relativo ao eletromagnetismo que unificou a eletricidade, o magnetismo e a óptica em uma única estrutura teórica (ZYLBERSZTAJN, 2003).

Por sua vez, o físico Philip Anderson (1923-2020) se posicionava de modo contrário às ideias reducionistas, como demonstrou em seu artigo publicado em 1972, intitulado *More is different*.

O reducionismo científico está relacionado e diretamente preocupado com a estrutura ontológica da natureza (GILLET, 2016). Há basicamente dois tipos de reducionismo (BASTOS FILHO, 2005). Há, primeiramente, um reducionismo do tipo metodológico, que está relacionado às idealizações que os cientistas fazem para tornar a realidade mais acessível à nossa razão, com a consciência de se tratar de simplificações artificiais. Por outro lado, há o reducionismo de caráter epistemológico e filosófico, que considera que é próprio da natureza a redução a diferentes níveis de descrição hierarquizados que representam propriedades fundamentais da natureza.

Por sua vez, a ideia de emergência vem sendo crescentemente debatida em diferentes áreas da ciência, como por exemplo, nos estudos a respeito de como surgiram a vida e a consciência. De acordo com o paradigma emergentista, as propriedades emergentes são não estruturais, podendo ser consideradas *sui generis*, pois não estão relacionadas a conceitos como, por exemplo, os de constituição, identidade ou causalção (WONG, 2010). Assim, a emergência está relacionada a fenômenos que surgem a partir de alguns fenômenos mais básicos, mas que são, simultaneamente, autônomos dessa base. Isso está relacionado ao fascínio do tema da emergência que é, em certo sentido, controverso em parte porque a emergência parece aparecer de forma generalizada no mundo, mas também porque a própria ideia de emergência pareça opaca e talvez, até mesmo, incoerente, sob uma certa perspectiva (BEDAU; HUMPHREYS, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Este é um trabalho basicamente de revisão bibliográfica, no qual as etapas de busca das fontes foram fundamentais, pois influenciaram não somente a seleção do material escolhido, mas também o modo de apropriação dos seus conteúdos, em seus diversos estágios, como leitura, fichamento, organização e sistematização coerente (GIL, 2017).

O projeto ao qual esse trabalho está relacionado se encontra em seu estágio inicial: o primeiro autor deste artigo iniciou, em setembro de 2021, uma pesquisa de iniciação científica orientada pelo segundo autor desse artigo, que é financiada pelo CNPq (com bolsa PIBITI) e que se estenderá por 12 meses, tendo como tema central a emergência da vida e da consciência. Essa pesquisa será realizada no âmbito do Campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Dentro do escopo do

projeto está programada a realização de atividades remotas de divulgação científica que serão transmitidas pelo canal “Debate Consciência”¹ da plataforma do *YouTube*, que já está estruturado pela equipe de orientados do segundo autor deste trabalho e até o final de agosto de 2021 já tem cerca de 30 atividades gravadas e disponibilizadas para serem assistidas a quem tiver interesse, abordando temas sobre ciência, cultura e sociedade. Três professores aceitaram nosso convite para realizar web-conferências em dias diferentes e que estão agendadas para ocorrer até novembro de 2021, sobre os seguintes temas: sobre a quimiofísica da consciência, sobre reducionismo e emergentismo e sobre vida, autonomia e fechamento de restrições.

Durante 2021 as atividades serão remotas devido às exigências sanitárias decorrentes da pandemia de COVID-19, mas em 2022, se for possível, em termos sanitários, realizaremos atividades de divulgação científica presenciais sobre os temas enfocados nesta pesquisa em escolas públicas do litoral norte paulista, procurando estabelecer diferentes parcerias, como com o grupo de bolsistas do PIBID do curso de Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatatuba, por exemplo, que atua em duas escolas estaduais no município da cidade de Caraguatatuba (SP). Essas atividades serão feitas por meio de apresentações com imagens, textos e vídeos de curta duração. Dentre alguns dos seus objetivos, estão: explicar sobre a forma de construção de conhecimentos científicos; refletir sobre a importância da História da ciência para uma melhor compreensão da natureza da ciência; pensar sobre os novos desafios existentes na seara científica e sobre como eles podem ser enfrentados pelas ferramentas e metodologias científicas que conhecemos. Dois exemplos neste sentido envolvem o estudo da origem da vida e da origem da consciência (bem como acerca das definições desses dois conceitos), empreendimentos que precisam, para ser bem-sucedidos, buscar conhecimentos de uma ampla variedade de disciplinas, tais como biologia, filosofia, física, química, psicologia, computação e matemática, de modo a existir um intercâmbio de ideias e conceitos entre essas áreas, reduzindo probabilidades de erros e aumentando as chances de construir uma explicação científica aceitável para os fenômenos em foco.

Uma das etapas na realização dessa pesquisa foi a seleção dos descritores, ou seja, dos termos usados na busca de trabalhos acadêmicos sobre os temas investigados, que foi realizada por meio da ferramenta “*Google Scholar*”. As buscas foram realizadas no dia 30/08/2021, sem a definição de um período específico da publicação, com exceção do termo “analogias e metáforas”, para o qual foi utilizado o período de 2016-2021 na busca. Desse modo foi possível filtrar os artigos de maior interesse para essa pesquisa. A TABELA 1 apresenta os descritores, o período específico e a quantidade de resultados (trabalhos acadêmicos) que foram obtidos.

TABELA 1. Descritores utilizado, período específico definido e quantidade de resultados obtidos na busca realizada por meio do “*Google Scholar*”.

Descritor utilizado	Período específico	Quantidade de resultados
"analogias e metáforas"	2016-2021	937
"analogias no ensino de"	a qualquer momento	540
"emergência nas ciências"	a qualquer momento	40
"emergência no ensino de ciências"	a qualquer momento	1
"reducionismo nas ciências"	a qualquer momento	34
"reducionismo no ensino de ciências"	a qualquer momento	25
"reductionism in science"	a qualquer momento	1150
"science of emergence"	a qualquer momento	310
"geração espontânea"	a qualquer momento	5.510

Para a realização de uma análise inicial, foram escolhidas as publicações mais citadas dentre as mais recentes: assim foram selecionados, no mínimo, 5 trabalhos de cada descritor (com exceção do descritor para o qual só há 1 artigo). Dos trabalhos analisados inicialmente, 8 (oito) foram selecionados

¹ <https://www.youtube.com/channel/UCGD1YmakxPjK9w9SXRWH-Lw>

como objeto de estudo, por estarem mais relacionados com as áreas da divulgação científica e do ensino de ciências. Como fica claro na tabela acima, no caso do descritor “emergência no ensino de ciências”, aparece somente um resultado, o que impossibilitou qualquer tipo de seleção comparativa. Alguns livros aos quais os autores tinham como acessar, mesmo com as restrições de empréstimos de livros em diversas bibliotecas por conta da pandemia de COVID-19, também foram selecionados como materiais a serem analisados, lidos, fichados e sistematizados. As escolhas desses livros foram feitas a partir das referências bibliográficas dos artigos consultados, observando os autores que são mais citados e as obras que tiveram mais destaque nas discussões feitas.

Para a comunicação que será feita durante a realização do CONICT, pretendemos expor dados mais atualizados com os resultados e os impactos das atividades de divulgação científica remotas que serão feitas até novembro de 2021. Uma das formas que será usada para coletar dados acerca da percepção das pessoas sobre a emergência da vida e da consciência ocorrerá por meio de “Formulários Google” (*Google forms*), com questões fechadas e abertas. Estes formulários serão disponibilizados aos participantes das atividades de divulgação científica que serão realizadas, pelo chat da transmissão do *YouTube* de cada uma delas. As respostas dadas às perguntas fechadas serão organizadas por meio de uma planilha eletrônica de forma a produzir porcentagens, tabelas e gráficos que permitam interpretar melhor diferentes aspectos sobre as questões envolvidas. As respostas dadas às questões abertas serão organizadas por meio de quadros que ajudarão a compreender as concepções sobre os temas abordados.

Os resultados permitirão eventualmente também ajudar a entender qual o potencial dessas atividades de divulgação científica e o ensino de ciências sobre temas como reducionismo e emergência no combate a movimentos de negação da ciência ou pseudocientíficos, já que em muitas vezes eles estão relacionados a visões excessivamente “simplistas” de mundo, ou seja, a não compreensão acerca tanto da complexidade do mundo quanto dos métodos da ciência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados a partir dos resultados obtidos na pesquisa feita pelo *Google scholar*, foram analisados com maior profundidade, bem como partes de trabalhos acadêmicos mais extensos, como dissertações de mestrado e teses de doutorado, além de capítulos de livros dos autores mais citados sobre o estudo do reducionismo e da emergência. Apesar do uso de descritores na busca realizada pelo “*Google Scholar*”, a pesquisa não se limitou somente a eles, o que permitiu ampliar os autores estudados.

Pela complexidade dos temas dessa pesquisa, sabemos que, geralmente, esse tipo de investigação, sobretudo no âmbito de uma iniciação científica, como é o caso deste trabalho, não se materializa em conclusões assertivas. No entanto, as atividades que pretendemos realizar terão o intuito de enriquecer o debate sobre como o conhecimento científico é produzido pela humanidade e sobre como os temas tratados nessa pesquisa podem ajudar a despertar o interesse de crianças e jovens pela ciência.

CONCLUSÕES

Do ponto de vista epistemológico, existe reducionismos estéreis, que são os que não tem valor epistemológico, e os reducionismos férteis, que esses sim, tem um valor epistemológico e contribuem de forma determinante no conhecimento (BASTOS FILHO, 2005). Uma analogia útil para compreender melhor a questão da emergência está no fato de que conhecer todas as letras que compõem o alfabeto de determinado idioma não implica que se saiba o significado das suas palavras: estes significados são, deste modo, emergentes. O conceito de emergência pode ser abordado por duas perspectivas básicas: fraca e forte. A emergência fraca é um tipo de emergência em que a propriedade emergente é passível de simulação de computador. Já a emergência forte é caracterizada em termos da não redutibilidade, como ocorre com respeito ao problema da relação mente-corpo (GILLET, 2016; FARIA, 2015).

Quanto à emergência da vida e à sua evolução, é possível observar os limites do reducionismo, devido à impossibilidade de retroceder na evolução de alguma espécie até sua origem primordial, pelo fato do processo evolutivo até o presente ser constituído por um número astronômico de eventos (LORENZ, 1995). Já na questão da emergência da consciência, o reducionismo como método para uma explicação de suas características também está fadado ao fracasso devido ao fato de não termos uma explicação física com os fenômenos da consciência (NAGEL, 2013).

Na área do ensino de ciências, a analogia e a metáfora são tipos de linguagem que facilitam a transposição do conhecimento de um domínio não-familiar para um familiar (BOZELLI; NARDI, 2005): a primeira é um tipo de comparação de coisas com características similares e a segunda é uma

tentativa de comparação de conceitos concretos com abstratos (KOPP; ALMEIDA, 2019). Um certo cuidado com o reducionismo, quando utilizado no ensino de ciências e na divulgação científica, deve ser levado em consideração para que o interlocutor não venha a formar um conceito equivocado daquilo que está sendo exposto, entendendo-o equivocadamente e de modo literal.

A realização de ações de divulgação científica por parte de membros de uma dada comunidade universitária em escolas públicas, precisa estimular o espírito investigativo e mostrar que a dúvida é algo saudável, desde que seja praticada com argumentos lógicos fundamentados na área do conhecimento sobre a qual a discussão ocorre. Percebemos durante a elaboração desse trabalho que é necessário que sejam realizadas mais pesquisas nas áreas de História e Filosofia da Ciência, em especial, abordando temas como o reducionismo e a emergência, de forma que possam ser usados como ferramentas de discussão que gerem uma reflexão acerca da natureza e dos métodos das diversas ciências básicas (GATTI; GATTI, 2015).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Philip. More is different. *Science*, v. 177, n. 40476, p. 393-396, 1972.
- BARROW, John D. **Teorias de tudo: a busca da explicação final**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1994.
- BASTOS FILHO, Jenner Barretto. **Reduccionismo: uma abordagem epistemológica**. Maceió: EDUFAL, 2005.
- BEDAU, Mark A.; HUMPHREYS, Paul. **Emergence: Contemporary Readings on Science and Philosophy**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2008.
- BOZELLI, Fernanda Cátia; NARDI, Roberto. O uso de analogias e metáforas como recursos didáticos no ensino de física. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 17, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.17227/ted.num17-410>>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- FARIA, Daniel Luporini. Reflexões acerca das concepções de redução e emergência. **Synesis**, v. 7, n. 1, p. 66-77, 2015. Disponível em: <<http://seer.ucp.br/seer/index.php/synesis/article/view/741>>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- GATTI, Fabio Garcia. GATTI, Sandra Regina Teodoro. Redução, Emergência e a natureza da Ciência: implicações para a formação de professores. **Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, SP, 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0368-1.PDF>>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.
- GILLET, Carl. **Reduction and emergence in science and philosophy**. New York: Cambridge University Press, 2016.
- KOPP, Felipe Augusto; ALMEIDA, Voltaire de. Analogias e metáforas no ensino de Física Moderna apresentadas nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p.69-98, abr. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n1p69>>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- LORENZ, Konrad. **Os fundamentos da etologia**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995.
- NAGEL, Thomas. Como é ser um morcego? **Revista da Abordagem Gestáltica: Phenomenological Studies**, v. 19, n. 1, p. 109-115, 2013. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3577/357735557011.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- WEINBERG, Steven. **Dreams of a final theory**. New York: Pantheon Books, 1992.
- WEINBERG, Steven. The limits of reductionism. **Nature**, v. 331, p.475-476, 1988. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/331475b0.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- WONG, Hong Yu. The Secret Lives of Emergents. In: CORRADINI, Antonella; O'CONNOR, Timothy (Orgs.). **Emergency in Science and Philosophy**. New York: Routledge, 2010.
- ZYLBERSZTAJN, Arden. Teoria Final, Unificação e Reduccionismo: Opiniões da Comunidade Brasileira de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v., 25, n. 1, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172003000100001>>. Acesso em: 16 jul. 2021.