

## **EXPERIMENTAÇÃO ABERTA NO ENSINO DE FÍSICA: POSSÍVEL CAMINHO PARA IMERSÃO DOS ESTUDANTES NA NATUREZA DAS CIÊNCIAS E NO FAZER CIENTÍFICO**

### **OPEN EXPERIMENTATION IN PHYSICS TEACHING: POSSIBLE PATH FOR IMMERSION OF STUDENTS IN THE NATURE OF SCIENCES AND IN SCIENCE DOING**

**José Leandro Costa Gomes<sup>1</sup>, José Euzebio Simões Neto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>IFAL/Campus Arapiraca, [jose.gomes@ifal.edu.br](mailto:jose.gomes@ifal.edu.br)

<sup>2</sup>UFRPE/Departamento de Química, [euzebio.simoaes@ufrpe.br](mailto:euzebio.simoaes@ufrpe.br)

#### **Resumo**

O ensino das Ciências da Natureza, mais especificamente o ensino da Física, é objeto de pesquisa há décadas, devido ao pouco êxito de boa parte dos estudantes em compreender e aplicar os conceitos. Paralelamente, o significado de Ciências e os meios pelos quais ela produz conhecimento são pouco explorados nas aulas do Ensino Médio. Destarte, buscamos responder ao seguinte questionamento: que ou quais ferramentas metodológicas poderiam ser articuladas para dirimir as problemáticas apresentadas anteriormente? Assim, lançamos mão da Experimentação Aberta, aplicada transversalmente durante todo o Ensino Médio e no componente curricular Física, buscando caminhos para tentar atenuar tais inadequações, já que tal estratégia tem o potencial de imergir os discentes no Fazer Científico, os colocando em contato crítico e complexo com aspectos da Natureza das Ciências. Caracterizado como qualitativo e subjetivo, esse estudo tomou por base analítica a hermenêutica ricoueriana para buscar, na produção textual discente, os marcadores de subjetividade que mostrassem a transição de uma conceituação mais rasa para outra mais profunda, do significado de Ciências e do Fazer Científico, com foco na produção de três discentes.

**Palavras-chave:** Experimentação Aberta. Natureza das Ciências. Ensino de Física.

#### **Abstract**

The teaching of Natural Sciences, more specifically the teaching of Physics, has been the subject of research for decades, due to the lack of success of most students in understanding and applying the concepts. At the same time, the meaning of Science and how it produces knowledge are little explored in High School classes. Therefore, we seek to answer the following question: what methodological tools could be articulated to resolve the problems presented above? Thus, we made use of Open Experimentation, applied transversally throughout High School and in the Physics curricular component, looking for ways to try to mitigate such inadequacies, since such a strategy has the potential to immerse students in Scientific Doing, putting them in critical contact and complex with aspects of the Nature of Sciences. Characterized as qualitative and subjective, this study took ricouerian hermeneutics as its analytical basis to search, in student textual production, for markers of subjectivity that showed

the transition from a shallower conceptualization to a deeper one, of the meaning of Sciences and Scientific Doing, focusing on the production of three students.

**Keywords:** Open Experimentation. Nature of Sciences. Teaching Physics.

## **Introdução**

A construção do conceito de Ciências no Ensino Médio (EM) é inapropriada com relação aos aspectos do Fazer Científico (Loguercio e Del Pino, 2007), assim, há de se ter apurado cuidado às distorções que levam os discentes a ideias erradas quanto aos aspectos da Natureza das Ciências – NdC (Azevedo e Scarpa, 2017).

Adotamos, no presente trabalho, a concepção de que a Natureza das Ciências é um conjunto complexo, dinâmico e não fechado de aspectos, perspectivas, nuances, paradigmas e normativas que são permeados pelos cenários cultural, social, econômico, institucional e humano<sup>1</sup>, buscando esboçar, em uma época e espaço, o contorno multifacetado do prisma científico (Azevedo e Scarpa, 2017; Erduran, Dagher e Mcdonald, 2019).

Destarte, o que se busca são aportes metodológicos que deem condições de levar o debate sobre as nuances da NdC para a sala de aula, em específico nas aulas de Física do EM. Assim, uma das metodologias que se destaca é a Experimentação Aberta (EA), forma de uso da empiria que permite aos discentes participarem ativamente e com maior grau de liberdade (Pella, 1969) do processo de ensino-aprendizagem, pois se caracteriza por desafiá-los a construir e/ou elaborar arranjos experimentais, ou algum dispositivo e/ou máquina, sem que sejam fornecidas as etapas e materiais com os quais devem trabalhar (Laburú, 2005; Moraes, 2008).

Para essa pesquisa, de cunho qualitativo (Yin, 2016) e com análise hermenêutica (Ricoeur, 2019), apresentamos um recorte das onze aplicações da metodologia, em onze das doze unidades letivas ao longo de todo o EM de uma turma com 36 discentes do Instituto Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*. Assim, nosso foco é, por limitação de espaço de escrita, no primeiro bimestre letivo do 2º ano<sup>2</sup> do EM, na abordagem do conteúdo curricular Hidrostática. Deixamos claro, em tempo,

---

<sup>1</sup> Apesar de compreendermos que o fazer científico, e tudo o que o cerca, seja um empreendimento humano, optamos por deixar explícito esse termo para que sejam sempre evidenciadas as dimensões pessoais no processo de construção dos saberes das Ciências.

<sup>2</sup> Poderíamos ter escolhido outro momento didático. Não houve, de fato, uma razão específica para essa escolha, visto que a metodologia didática aplicada foi a mesma durante todo o EM.

que não é nossa intenção induzir o leitor a achar que tenhamos resolvido os problemas relacionados à construção inadequada da NdC no EM. Apenas estamos pondo em discussão uma proposta possível para levar a NdC a esse nível de ensino.

### **Marco Teórico**

Para essa pesquisa, de cunho qualitativo, a epistemologia das Ciências consiste no processamento e estudo dos atos científicos, ou seja, busca revelar como as teorias científicas são criadas, como o conhecimento é produzido e a relação entre o conhecimento do sujeito e o objeto (Sin, 2014). Buscamos, portanto, caracterizar qual/como será o conhecimento desenvolvido pelas Ciências e seus atores e autores (Lima, Ostermann e Cavalcanti, 2018).

O conhecimento científico requer uma base sólida e precisa, e está sujeito a uma série de testes empíricos, conexões teóricas, análises e controles, que determinam a sua validade e correção dentro de um marco geográfico, social e histórico-temporal, como preconiza a Historiografia das Ciências (Martins, 2001). Isso dá força e robustez à pesquisa científica (Da Silveira, 1996).

Em oposição à perspectiva positivista de uma Ciência fechada, neutra e desprovida de interferências da subjetividade humana, a Experimentação Aberta não é uma prática empírica que simplesmente ratifica os conhecimentos vistos anteriormente nas aulas teóricas. Oposta a isso, ela é proposta aos estudantes antes que os saberes envolvidos tenham sido trabalhados, o que lança os discentes ao mundo da pesquisa, da tentativa e do erro, dos aprendizados com múltiplas ideias e com a busca por solucionar os problemas que são vivenciados enquanto ocorre a construção e/ou determinação do que foi solicitado. E é esse o ponto fulcral do potencial didático e formativo da EA: fazer o estudante imergir no Fazer Científico, entrando em contato direto com a NdC. É nesse bojo que podemos dizer que a imersão promovida pela EA conduz a mais perguntas do que certezas, a mais respostas em potencial do que fechadas em si, e a uma construção epistêmica e argumentativa, dialógica e complexa dos saberes, em uma perspectiva formativa e não mnemônica ou mecânica (Laburú, 2005; Moraes, 2008; Zompero e Laburú, 2011).

Podemos descrever, em linhas gerais, a Experimentação Aberta como composta pelas etapas mostradas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Etapas da Experimentação Aberta

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Observações</b>
<b>Proposição</b>	Apresentação daquilo que deve ser empiricamente desenvolvido.	a) Apresentar as restrições ou indicações, caso necessárias; b) A turma é dividida em equipes.
<b>Pré-elaboração</b>	Primeiras ideias das equipes para o experimento.	Intervenção docente caso perceba algo que possa levar uma equipe a problemas sérios de execução.
<b>Elaboração</b>	Construção do protótipo experimental e primeiros teste de execução.	Caso consultado, o docente deve só indicar mínimas correções ou levar a equipe a refletir sobre suas escolhas.
<b>Pós-elaboração</b>	Readequação do protótipo e teste finais antes da mostra.	Etapa não obrigatória, pois o protótipo da etapa anterior já pode ter sido construído exitosamente.
<b>Mostra</b>	Apresentação das construções experimentais.	Socialização dos experimentos construídos com a turma, com ênfase no debate sobre as realizações, os problemas e as soluções encontradas.
<b>Análise processual</b>	Construção da linha temporal, descrevendo cada etapa vivenciada pela equipe.	Cada equipe deve elaborar a análise do que ocorreu em cada etapa, explicitando a integração entre a equipe, bem como os obstáculos encontrados e as soluções propostas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023), com base em Zompero e Laburú (2011).

Diante dos aportes apresentados, da estrutura da EA e suas implicações no Ensino de Física, nos alinhamos a Zompero e Laburú (2011) quando expressam que o uso da EA possibilitaria a transmutação

...de uma imagem de educação científica para ensinar o que nós conhecemos, para uma educação científica que enfatiza o como nós conhecemos; de uma educação científica que salienta o ensino de conteúdos, para uma educação com ênfase na relação entre evidências e explicações; da demonstração de conceitos para o ensino que promove o raciocínio com e sobre os conceitos; de uma visão que salienta a observação e apenas à experimentação para uma visão que enfatiza a construção de modelos e a observação guiada por uma teoria<sup>3</sup> (Zompero e Laburú, 2011, p. 11-12).

Assim, considerando os aspectos cognitivos e pedagógicos que regulam a adequação da proposição da atividade, a EA conduz a uma

...abordagem de situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado, que motivem os alunos e os levem a elaborar um plano que permita obter respostas, sem perder de vista que não se está a trabalhar para aumentar o corpo de conhecimentos de ciências e que os alunos não são cientistas, mas que se pretende que adquiram conhecimentos conceptual e processual da ciência (Saraiva-Neves, Caballero e Moreira, 2006, p. 389).

Como qualquer outra proposta metodológica para o Ensino de Física, existem potencialidades e cuidados, que exigem atenção, na utilização da EA, os quais apresentamos no Quadro 2, a seguir.

**Quadro 2:** Potencialidades e cuidados para o uso da metodologia EA.

<b>Potencialidades</b>	<b>Cuidados</b>
------------------------	-----------------

<sup>3</sup> Na perspectiva dos autores, a qual também adotamos, o termo *guiada por uma teoria* não significa a existência de um roteiro, mas sim que a investigação científica processual e formativa proposta aos discentes deve estar alicerçada nos e pelos conhecimentos curriculares, no nosso caso, da Física.

Promover o aperfeiçoamento de habilidades cognitivas, tais como resolução de problemas, pensamento crítico e raciocínio lógico.	Não havendo roteiro, é possível que os discentes se percebam perdidos. Por isso, a proposta deve ser elaborada com objetivos bem delimitados.
Sem estrutura rígida de roteiro, a EA promove o uso da criatividade, promovendo o olhar científico com perguntas e soluções.	É comum que os produtos da EA tenham variação no produto apresentado. Por isso, é preciso um olhar flexível sobre o que é apresentado na etapa final.
A EA envolve os discentes de maneira ativa, tornando o processo mais estimulante numa condição de autonomia investigativa.	Sendo uma atividade epistêmica, a EA demanda intrinsecamente uma avaliação de cunho processual e formativa.
A EA possibilita a percepção da relação entre os conceitos científicos e o cotidiano.	Demanda uma organização temporal longa para que as etapas sejam experienciadas significativamente.
A organização em equipes provoca a vivência do ambiente de dissenso e pluralidade que também constituem o Fazer Científico.	O erro é instância formativa e faz parte da NdC, assim, a falha não deve ser considerada de forma pejorativa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

### Uma Aplicação da Experimentação Aberta no Ensino de Física

A EA em tela foi desenvolvida durante os três anos do EM, acompanhando uma mesma turma do IFAL, *Campus Arapiraca*, o que constitui uso transversalmente temporal da EA, com relação aos conteúdos disciplinares da Física. Em cada bimestre letivo foi proposto um experimento aberto, totalizando onze atividades no período de três anos. Não houve proposição de EA no último bimestre letivo do 3º ano do EM por causa da dedicação maior dos discentes ao Exame Nacional do Ensino Médio.

Como recorte, exploramos a proposição da construção de um braço hidráulico usando materiais de baixo custo e reciclados, com no mínimo seis pontos distintos de articulação e que fosse capaz de elevar uma massa de 500 g, sem necessidade de eletricidade para funcionar. Tal tarefa foi proposta no início da unidade correspondente ao conteúdo curricular Hidrostática. Assim, à medida em que as aulas teóricas foram vivenciadas, os discentes foram percebendo a relação dos saberes construídos em sala de aula com a EA proposta. Nesse contexto, a primeira etapa da EA, *proposição*, aconteceu no primeiro momento didático com a turma e a última etapa, *análise processual*, ao final da unidade.

As restrições impostas e o fato de não ter havido roteiro predefinido fizeram com que os estudantes enfrentassem certos problemas na construção do protótipo e buscassem soluções alternativas, caracterizando a imersão dos discentes no Fazer Científico. A penúltima etapa, *mostra*, foi deveras importante, tendo em conta que, ao atentarem para os problemas encontrados e as soluções propostas por outras equipes, os discentes perceberam que um mesmo objeto de estudo pode ser cientificamente trabalhado por perspectivas diferentes.

Percebemos que a autonomia inerente a EA fez com que cada equipe criasse sua própria estrutura de hipóteses e soluções, buscando verificações e percebendo que os argumentos iniciais nem sempre eram suficientes, o que demandava construir um novo alicerce conceitual e de hipóteses (Saltiel e Viennot, 1985). Por outro prisma, certos membros da equipe convergiam quanto as ideias, enquanto outros apresentavam divergências, o que nos remete ao dissenso, instância inerente ao Fazer Científico (Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez e Duschl, 2000).

Aplicando sistematicamente a perspectiva metodológica durante os três anos do EM e sempre com a mesma turma, foi possível construir um banco de dados com as atividades realizadas e as produções discentes. Ao final de cada ano letivo, foi solicitado aos estudantes que, individualmente, produzissem uma resposta para a pergunta “*O que é Ciência, afinal?*”, assim, cada discente elaborou três respostas, que foram comparadas hermeneuticamente (Ricouer, 2019) com o intuito de verificar a complexificação acerca do conceito de Ciências e dos aspectos do Fazer Científico. Escolhemos a produção no início e a final do EM de três discentes por questões referentes à organização e clareza em seus constructos textuais, os quais são apresentados, no Quadro 3. Sublinhamos as marcas de subjetividade ricouerianas (Ricouer, 2019) para destacar a mudança conceitual acerca da NdC. Os números entre parênteses são organizadores de análise.

**Quadro 3:** Comparativo de complexificação das construções discentes e análise.

INÍCIO DO EM	FINAL DO EM
<b>DISCENTE A</b>	
Ciência, na minha opinião, é o mesmo que um (1) <u>acúmulo de conhecimentos através de (2) estudos.</u>	A ciência é tão relativa que é difícil de ser explicada de forma geral, ela está presente em todos os setores do mundo. É o estudo e compreensão de uma realidade, acontecimento, fenômeno ou coisa. É (2) <u>através da observação de fatos e o estudo aprofundado com as observações, técnicas, métodos e experimentos</u> que um trabalho pode ser considerado científico. Sendo assim, (1) <u>estudos científicos devem ser constantemente contestados, examinados, aperfeiçoados ou até mesmo abandonados.</u>
Análise: (1) partindo de uma visão bem simplista sobre Ciência no começo do EM, principalmente relacionada ao acúmulo linear dos saberes científicos desenvolvidos ao longo da história, o discente A migra para uma perspectiva não linear e mais complexa sobre a transitoriedade dos saberes, característica da NdC. (2) Analogamente, o discente A apresentava inicialmente aparentemente uma ideia restrita de que a Ciência progride somente pela forma canônica de estudos e passou a elencar formas distintas de obtenção de informações para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, aspecto inerente ao Fazer Científico.	
<b>DISCENTE B</b>	
<u>Ciência é a prova do conhecimento</u> adquirido através das experiências. Prova as coisas (2) <u>através da</u>	Ciência é um tema bastante amplo para ser definido, mas pode-se dizer que Ciência é uma linha de pensamento que um determinado grupo utiliza para tentar (2) <u>explicar, deduzir, estudar fatos que aconteceram ou que estão agora ou até mesmo de amanhã.</u> Ciência se utiliza de uma ideologia lógica, apresenta um maior número de evidências para se chegar em uma

<u>observação.</u>	determinada conclusão. Mas, essa (1) <u>verdade que eles obtêm não é total, pois ainda pode se encontrar falhas que colocam suas ideias em risco.</u>
Análise: (1) o discente B parece ir de uma perspectiva de Ciência construtora de verdades absolutas para uma visão de rupturas/fraturas nas teorias e saberes científicos, nuance da NdC. (2) Inicialmente restrito à observação como forma de obtenção de dados, o discente B apresenta a possibilidade de estudos teóricos e até preditivos, característica intrínseca das teorias científicas.	
<b>DISCENTE C</b>	
Ciência é o conhecimento atribuído através de estudos e de onde chegam até as teorias (1) <u>usando um método.</u>	Posso dizer que é mais fácil definir o que não é ciência, pois não é possível criar um único conceito que a simplifique, como também vários pensadores a enxergam de maneiras diferenciadas. Esta forma de conhecimento busca sempre a validação (não é a certeza verdadeira, por assim dizer, mas algo sólido dentro do contexto da época de seu desenvolvimento, tendo em vista que o conhecimento sempre pode ser mudado), por isso está cercado de dúvidas, testes, análises. Ao longo de sua formação fazendo com que se diferencie do senso comum. E (1) <u>não há um único método que a ciência utilize de modo a ser seguido sempre, mas variadas formas de produzir um conhecimento.</u>
Análise: (1) o discente C elabora uma conceituação final na qual demonstra romper com a ideia de um método científico para uma estrutura de Ciência que comporta variados métodos e formas de produção dos saberes científicos, aspecto da NdC.	

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

Descrevemos a análise apenas das ideias iniciais e finais que apresentavam evidente mudança conceitual dos discentes. Os trechos não diretamente analisados também apresentam potencial para estudos posteriores, por trazerem construções epistemológicas ricas no que se refere à NdC e ao Fazer Científico.

### Considerações Finais

Respondendo ao questionamento apresentado no resumo, as três análises realizadas possibilitaram a identificação de marcadores de subjetividade demonstrando a transição de uma visão mais superficial acerca das Ciências para uma perspectiva mais elaborada e complexa sobre a NdC. Além do Ensino de Física utilizando a EA, consideramos também que os demais componentes curriculares tiveram as suas contribuições para essa mudança sobre o Fazer Científico. Não obstante, isso não nos parece diminuir os efeitos que a metodologia EA tenha tido sobre a compreensão dos estudantes sobre a NdC, visto que as alterações foram detectadas paulatinamente ao longo de todo o EM. Portanto, parece-nos que a articulação entre as ferramentas citadas anteriormente tem pujante potencial para complexificar epistemológica e criticamente o ensino de Física.

Enfatizando os cuidados mencionados ao longo deste texto quanto ao uso da EA, essa metodologia nos parece potencialmente efetiva para propiciar a imersão dos discentes no Fazer Científico, pondo-os em contato com aspectos relevantes da NdC.

### Referências

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2 p. 579-619, 2017.

DA SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 219-230, 1996.

ERDURAN, S.; DAGHER, Z.; MCDONALD, C. Contributions of the family resemblance approach to nature of science in science education: review of emergent research and development. **Science & Education**, v. 28, p. 311-328, 2019.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. **Sci. Educ.**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. A não-modernidade de Bruno Latour e suas implicações para a Educação em Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 367-388, 2018.

LOGUERCIO, R. Q.; DEL PINO, J. C. Em defesa do filosofar e do historicizar conceitos científicos. **História da educação**, v. 11, n. 23, p. 67-96, 2007.

MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da física—um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EdPUCRS, 2003.

PELLA, M. The Laboratory and Science Teaching. In: ANDERSEN, H. **Reading in Science Education for the Secondary School**. Londres: Macmillan, 1969.

RICOEUR, P. **Teoria da interpretação**: o discurso e o excesso de significação. Lisboa-POR: Edições 70, 2019.

SAITO, F.; BROMBERG, C. História e epistemologia da ciência. In: BELTRAN, M.; SAITO, F.; TRINDADE, L. (Org.). **História da Ciência**: tópicos atuais. São Paulo: CAPES/Livraria da Física, p. 101-117, 2010.

SALTIEL, É.; VIENNOT, L. ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. **Enseñanza de las ciencias**, v. 3, n. 2, p. 137-144, 1985.

SIN, C. Epistemology, Sociology, and Learning and Teaching in Physics. **Sci. Educ.**, v. 98, n. 2, p. 342-365, 2014.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso. 2016.