

Análise da aula de Marie Curie (1867-1934) para ensinar densidade para crianças sob a ótica de Isaac Watts (1674-1748)

Ingrid Nunes Derossi

Ivoni Freitas-Reis

Resumo

A visão de Marie Curie sobre o ensino de ciências naturais era de que o contato com o laboratório era fundamental para o verdadeiro aprendizado e a compreensão dos fenômenos. Em 1907, em Paris, um grupo de estudiosos decidiu criar uma "cooperativa de ensino" a partir da influência de Marie Curie, onde cada pai-cientista seria responsável por uma disciplina e os alunos assistiriam a uma aula por dia. Este artigo realiza um estudo detalhado sobre as aulas de física com a temática de densidade ministradas por Marie Curie, utilizando como fonte de dados as anotações da aluna Isabelle Chavannes a partir dos métodos descritos no livro "The Improvement of the Mind" de Isaac Watts, publicado em 1741, obra relevante e utilizada por outros nomes de referência da época como Michael Faraday (1791-1867). Foi possível perceber a preocupação da educadora com a assimilação do conhecimento e que esse se desse de maneira sólida, duradoura e contextualizada, trazendo em sua prática docente características que se espera de um bom educador, como o cuidado com a linguagem científica, a semiose, a busca pela evolução dos saberes, a contextualização e a dialética.

Palavras-chave: Experimentação, Marie Curie, Cooperativa de Ensino.

Abstract

Marie Curie's vision of teaching natural sciences was that contact with the laboratory was fundamental for true learning and understanding of phenomena. In 1907, in Paris, a group of scholars decided to create a "teaching cooperative" under the influence of Marie Curie, where each scientist-parent would be responsible for a discipline and the students would attend one class per day. This article conducts a detailed study on the physics classes with the theme of density taught by Marie Curie, using as a data source the notes of the student Isabelle Chavannes based on the methods described in the book "The Improvement of the Mind" by Isaac Watts, published in 1741, a relevant work used by other renowned names of the time such as Michael Faraday (1791-1867). It was possible to perceive the educator's concern with the assimilation of knowledge and that it should occur in a solid, lasting and contextualized manner, bringing in her teaching practice characteristics that are expected of a good educator, such as care with scientific language, semiosis, the search for the evolution of knowledge, contextualization and dialectics.

Keywords: Experimentation, Marie Curie, Teaching Cooperative

INTRODUÇÃO

Marya Salomee Sklodowska, nascida 1867, na Polônia, tornou-se Marie Curie quando mudou para a França e casou com o cientista Pierre Curie. Foi uma cientista cujo trabalho revolucionou a compreensão da radioatividade e a física nuclear. Seu legado é marcado por contribuições relevantes para a ciência, como a descoberta dos elementos químicos rádio e polônio, sua atuação no front de batalha da Segunda Guerra Mundial com máquinas de raio-X e sua visão de uma ciência voltada para a sociedade, tornando-se a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel em duas áreas diferentes. No entanto, iremos destacar o perfil

e influências da sua constituição como educadora a partir da apresentação e discussão de duas aulas suas na Cooperativa de Ensino.

O interesse pelas ciências surgiu cedo, por volta dos quatro anos já estava encantada com os instrumentos de física que seu pai mantinha em seu escritório. A partir desse momento, Marie desenvolveu um entusiasmo pela ciência e pela estruturação do conhecimento científico. Sua abordagem de ensino foi profundamente influenciada pela maneira como seu pai, que era professor de matemática e física a instruíra. Ele via oportunidades de aprendizado em coisas simples, como por exemplo, ensinar conceitos física através de um arco-íris em um passeio no jardim. Já adulta, enquanto estudava por conta própria para ingressar na universidade, Marie lamentava a falta de um laboratório para realizar experimentos relacionados aos conceitos discutidos nos livros que tinha acesso, como pode ser visto no trecho de uma carta enviada para o seu irmão: “*Estou aprendendo química em um livro. Você pode imaginar quão pouco tiro disso, mas que posso fazer se não tenho lugar para fazer experiências nem trabalho prático?*”¹

Diante do desabafo de indignação de Marie, pode-se perceber que ela atribuía certa relevância à experimentação como uma ferramenta de ensino e facilitadora do próprio aprendizado. Essas características se manifestam nas aulas de Marie Curie, onde frequentemente utiliza exemplos do cotidiano dos alunos para incentivá-los a explorar e investigar^{2,3}.

Outra influência na sua forma de pensar a ciência foram os ideais de Auguste Comte (1798-1857) e o positivismo, as quais teve contato durante o período em que frequentou uma escola de ensino superior local clandestina, já que a Universidade de Varsóvia ainda não aceitava mulheres. Segundo as biografias de Robert Reid e Susan Quinn em sua versão polonesa, o positivismo trazia implícita a igualdade entre os sexos perante a educação e a importância da razão e da ciência para a sociedade, sem envolver questões religiosas^{4,5}.

Em 1896, já em Paris, Marie obteve a certificação para lecionar no ensino secundário feminino⁶. A formação pedagógica nessa área foi estabelecida com a criação das escolas normais de ensino

¹ Susan Quinn. *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. (São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997), p.72

² Eve Curie. *Madame Curie*. Tradução de Monteiro Lobato. (São Paulo: 1ª edição, Companhia Editora Nacional, 1938).

³ Susan Quinn. *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. (São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997).

⁴ Susan Quinn. *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. (São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997).

⁵ Robert Reid. *Marie Curie*. (New York: Signet, 1974)

⁶ Arty R. Zantinga-Coppes ; Max J.Coppes. “Madame Marie Curie (1867-1934): A Giant Connecting Two Centuries”. *American Journal of Roentgenology*, nº6, v. 171, (1998): p.1453-1457, <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.171.6.9843270> (acesso em 16 de fevereiro de 2024)

secundário em 1795, sendo uma destinada às elites e a outra ao ensino primário, acessível a toda a população. Madame Curie tornou-se a primeira mulher a integrar o corpo docente da escola de Sèvres em 1900, uma das pioneiras escolas secundárias para meninas na França e de reconhecida relevância e qualidade no país, fundada em 1881⁷.

A jovem Sklodowska atribui grande importância às atividades experimentais como demonstrado em seu relato anterior, uma característica que a acompanhou durante sua passagem pela Escola de Sèvres. Isso fez uma diferença para suas alunas, uma vez que elas não tinham contato regular com equipamentos ou experimentos. Algumas vezes, os professores apenas mostravam aparelhos semelhantes aos utilizados em grandes universidades, mas não permitiam que as alunas os manuseassem. Marie, por outro lado, ampliou a duração de suas aulas e produzia seu próprio material prático, como pode ser visto no relato de uma de suas alunas Eugénie Feytis (1881-1967)^{8,9}:

Até chegarmos a Sèvres pensávamos que a física fosse inteiramente aprendida nos livros, onde encontrávamos fotos dos aparelhos usados para estabelecer as leis que estudávamos¹⁰.

Ela até proporcionava às suas aprendizes, visitas para conhecer o laboratório de pesquisa onde ela e Pierre trabalhavam, como é descrito por Feytis:

Foi durante o período em que ele tentava medir a quantidade de calor emitida pelo rádio... e Pierre decidira usar um calorímetro de Bunsen para isso. Ele mediu para vemos... o calor específico de uma pequena amostra de cobre. Ficamos surpresas com a clareza de suas explicações, dadas com a voz lenta e séria, com sua expressão luminosa e com a perícia de suas mãos longas e artísticas, trabalhando diante de nós com espantosa confiança.¹¹

A prática de utilizar experimentos como uma ferramenta de ensino já era adotada por filósofos naturais empiristas, como John Locke (1632-1704), Francis Bacon (1561-1626) e Auguste Comte (1798-

⁷ Susan Quinn. *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. (São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997).

⁸ Eve Curie. *Madame Curie*. Tradução de Monteiro Lobato. (São Paulo: 1ª edição, Companhia Editora Nacional, 1938).

⁹ Ingrid Derossi. "Proposta de Caracterização da Metodologia de Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no início do século XX na "Cooperativa de Ensino"." (dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013).

¹⁰ Susan Quinn. *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. (São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997), p.234.

¹¹ Ibid.

1857), bem como por outros estudiosos interessados na educação, como Jane Marcet (1769-1858) e Michael Faraday (1791-1867). Atualmente, pesquisas mostram que, apesar de ser considerada uma alternativa didática eficiente para o processo ensino-aprendizagem, visto que oferece uma visão prática do que é estudado teoricamente, é necessário que seja elaborada e aplicada a fim de alcançar uma aprendizagem mais significativa e prazerosa, adotando, por exemplo, a experimentação investigativa como ferramenta¹².

No entanto, a experimentação ainda apresenta entraves, como a visão simplista do potencial pedagógico, a dicotomia teoria/prática, a falta de estrutura adequada para sua realização, além das lacunas na formação docente e o desinteresse dos alunos em participar das ações propostas¹³.

Dessa forma, a visão de como ensinar e aprender as ciências naturais unia a cientista e educadora, levando-a a ver, no contato com o laboratório, o mais saudável e estimulante caminho para o verdadeiro aprendizado e para a compreensão dos fenômenos, como já foi citado neste artigo. Em 1907, impulsionados por Marie, um grupo de estudiosos de ciências de Paris decidiu criar uma “cooperativa de ensino”, na qual cada um dos pais-cientistas assumiria a responsabilidade por uma disciplina, e os alunos participariam de uma aula por dia^{14,15}.

A COOPERATIVA DE ENSINO

As aulas de física eram de responsabilidade de Madame Curie e foram anotadas pela sua aluna Isabelle Chavannes, compiladas e publicadas no livro utilizado como referência para este artigo, contendo a versão em francês e a tradução para o português, bem como desenhos, gráficos em algumas páginas para ilustrar, descrições de experimentos, aparelhos, vidrarias, que foram feitas pelos responsáveis pela edição do material e que não foram desenhadas pela aluna¹⁶.

¹² Raquel Pereira Neves Gonçalves; Mara Elisângela Jappe Goi. "A construção do conhecimento químico por meio do uso da Metodologia de Experimentação Investigativa." *Revista Debates em Ensino de Química* 8.2 (2022): 31-40.

¹³ Lucelia Rodrigues dos Santos; Jorge Almeida de Menezes. "A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios." *Revista Eletrônica Pesquiseduca* 12.26 (2020): 180-207.

¹⁴ Ingrid Derossi. "Proposta de Caracterização da Metodologia de Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no início do século XX na "Cooperativa de Ensino"." (dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013).

¹⁵ Ivoni Freitas-Reis, Ingrid Derossi. "O ensino de ciências por Marie Curie: análise da metodologia empregada em sua primeira aula na cooperativa de ensino". *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2. (2014), p. 88-92.

¹⁶ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007).

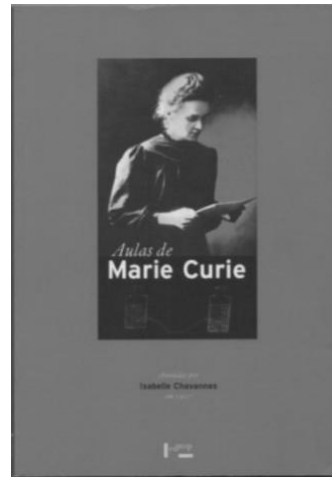


Figura 1: Reprodução da capa do livro das anotações de Isabelle Chavannes¹⁷

De acordo com o conjunto de anotações de Isabelle, foi possível verificar a forma como Marie conduzia os experimentos em suas aulas. Em vários trechos, a educadora parece estimular o raciocínio dos seus alunos, evitando antecipar os resultados, o que em atividades práticas, é um dos pontos mais criticados por pesquisadores da área¹⁸, levando-os a desenvolverem o pensamento científico e a tomarem decisões sobre os conceitos tratados, instigando-os, encorajando-os e mesmo divertindo-se com eles.

Ao escrever o prefácio do livro “Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes em 1907”, o membro da academia de ciência e professor emérito Yves Quéré da *École Polytechnique de Paris*, não se furta a comparações dos métodos utilizados por Marie àqueles propostos pela Academia de Ciências - tanto na França quanto no Brasil - pelo projeto *La main à la pâte*, ou “Mão na Massa”, cuja metodologia de ensino é baseada em questionamentos e do qual o professor Quéré tem sido um dos maiores divulgadores em todo o mundo.

A “mão na massa” é um termo que se refere à participação ativa e direta dos alunos na construção do conhecimento, através de experiências práticas e experimentos que envolvem a manipulação de materiais e a resolução de problemas. A experimentação, no contexto da cultura maker e da “mão na massa”, não se limita à mera reprodução de experimentos para ilustrar ou comprovar teorias, mas sim permite que os alunos construam conhecimento a partir da prática e atribuam significados científicos a eles¹⁹.

Desta forma, este artigo apresenta uma análise da quinta e sexta aula, datadas de 14 de maio de 1907, utilizando como instrumento de análise a obra *The improvement of the mind*, do reverendo Isaac Watts, um livro que, apesar de haver poucos estudos sobre ele, foi sendo reeditado até o ano de 2018 e foi

¹⁷ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007).

¹⁸ Lucelia Rodrigues dos Santos; Jorge Almeida de Menezes. “A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios.” *Revista Eletrônica Pesquiseduca* 12.26 (2020): 180-207.

¹⁹ Antonia Cláudia Prado Pinto; Raquel de Sousa Gondim; Francisca Aparecida Prado Pinto; Francisco Herbert Lima Vasconcelos “A Cultura Maker no Ensino de Ciências.” *Revista Docentes*, 8, 22 (2023): 70-78.

bastante utilizado por estudiosos com espírito educador, em especial na Inglaterra do século XIX, como Jane Marcet e Michael Faraday^{20,21}. Todos os trechos de Watts apresentados neste artigo foram livres traduções das autoras, já que a obra não tem uma edição na língua portuguesa.

INSTRUMENTO DE ANÁLISE: THE IMPROVEMENT OF THE MIND

No prefácio da obra, o autor especifica que a sua obra pode ser considerada um “tratado”, o qual é constituído de observações, decorrentes de seus próprios estudos, dialogando com trabalhos de outros autores que também possuíam o processo de ensino e aprendizagem como foco de investigação, ou ainda de fatos da vida e instruções para o aperfeiçoamento da mente em conhecimento útil, além de ser um guia para estudantes que buscam maneiras sobre como estudar, obter conhecimentos e meios de aprendizagem²².

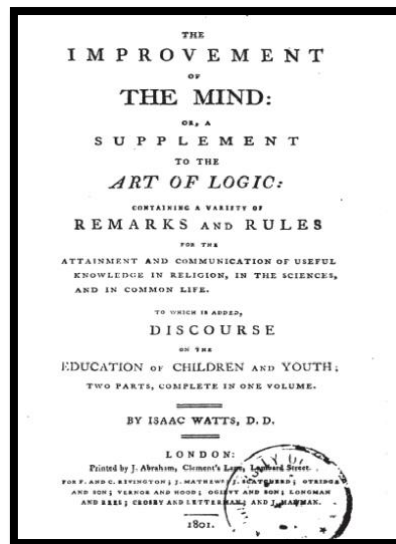


Figura 2: Primeira página do livro, 1801²³

Em sua primeira edição, o livro é dividido em duas partes, a primeira estabelece “observações e regras de como nós podemos alcançar o conhecimento útil através de estudos autodidatas”, contendo a descrição dos métodos para o aperfeiçoamento da mente e a segunda contém o “como nós podemos melhor

²⁰ João Batista Reis. “A arquitetura metodológica de Michael Faraday” (Tese de doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, PUC-SP, 2006).

²¹ José Otávio Baldinato; Paulo Alves Porto. “Jane Marcet e Conversations on chemistry: divulgando a química no início do século XIX”, in *Anais*. Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viipec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/766.pdf> (Acessado em 15 nov. 2023)

²² Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1801).

²³ Ibid.

nos comunicar com os outros” e em 1751 foi publicada pela primeira vez a obra na íntegra^{24, 25}.

Analisando a obra nota-se a frequência de aconselhamentos ou normas de como proceder para aprender ciências, como a construção de esquemas, diagramas, bem como, recomenda-se que o aprendiz deva deixá-los em lugares que seriam vistos todos os dias, como em armários, corredores, que seria uma maneira de facilitar a memorização dos conceitos²⁶.

Inicialmente, o autor traz uma descrição geral dos seus cinco métodos, que são: *Observação, Leitura, Instrução para as Aulas (Palestras Públicas ou Privadas), Conversação e Estudo ou Meditação*²⁷.

O método da Observação, que são as “notas” que tomamos de todas as ocorrências da vida, sejam elas sensíveis, algo que viria do meio externo ou como Locke descreve que são “todas as diferentes percepções produzidas em nós”²⁸, ou intelectual, algo que é do ser humano, construído pela mente de cada um, como por exemplo ideias relativas a pessoas ou coisas, para si ou para transmitir para os outros.

Esse método é fornecido ao ser humano na infância, com uma rica variedade de ideias e proposições, palavras e frases, sendo responsável por saberes sensoriais, como por exemplo, “que o fogo queima, que o sol é que fornece a luz, que o cavalo come relva...” Todas essas coisas, as quais percebemos pelos sentidos ou consciência ou que sabemos de uma maneira direta, através de qualquer exercício de nossa própria reflexão ou nosso raciocínio, pode ser chamado de observação²⁹. Locke traz uma descrição semelhante ao abordar “os passos pelos quais a mente alcança várias verdades”, no qual ele diz:

*Os sentidos inicialmente tratam com ideias particulares, preenchendo o gabinete ainda vazio, e a mente se familiariza gradativamente com algumas delas, depositando-as na memória e designando-as por nomes*³⁰.

²⁴ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743).

²⁵ Ingrid Derossi. “Proposta de Caracterização da Metodologia de Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no início do século XX na “Cooperativa de Ensino”.” (dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013).

²⁶ Ibid.

²⁷ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743).

²⁸ John Locke. *An Essay Concerning Human Understanding*. (Londres, 1836.): 52

²⁹ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743).

³⁰ John Locke. *An Essay Concerning Human Understanding*. (Londres, 1836.): 13

Quando essa observação relatasse qualquer coisa que imediatamente nos preocupasse e da qual nos tornasse curiosos, isso nos induziria ao que Watts chama de *Experiência*. O autor diz que para conhecer ou para experimentar, é necessário despertar um sentimento, “um apetite”, uma paixão... E define experimento como:

Quando nós estamos pesquisando a natureza ou propriedades de qualquer existência por vários métodos de experimentação, ou quando nós aplicamos algum poder adicional, ou estabelecemos algumas causas para trabalhar, observar quais efeitos eles poderiam produzir, esse tipo de observação é chamado experimento³¹.

O segundo método a ser detalhado é a *Leitura*, que está relacionado com o conhecimento adquirido a partir dos trabalhos de outros autores, através de suas publicações escritas. Por meio delas o leitor passa a fazer parte dos sentimentos, observações, raciocínio e do conhecimento adquirido pelo estudioso, assim como informações sobre outras épocas³².

O terceiro método seria as *Palestras Públicas ou Privadas* que são as instruções verbais dadas por um professor enquanto os aprendizes ouvem em silêncio. De acordo com Watts, através desse procedimento se aprende, por exemplo, matemática, através da apresentação de vários teoremas ou problemas, especulações ou práticas por demonstrações e operações, mostradas pelo professor com todos os instrumentos necessários para essas operações³³.

O quarto método é a *Conversação*, no qual, através do diálogo e da investigação mútua, é possível compreender os sentimentos dos outros e expor os próprios sentimentos. Watts afirma que às vezes, em um diálogo, embora ambas as partes falem, ainda assim o predomínio de saberes está sobre um lado. Ele exemplifica com um encontro entre um professor e um aprendiz que discursam juntos, que debatem determinado tema, mas não deixa claro qual dos dois é o detentor do saber. Nesse caso, finaliza Watts, o “*benefício é frequentemente mútuo*”, isto é, ambos aprenderão se o professor utilizar do método de conversação³⁴.

O quinto e último método, é a *Meditação ou Estudo*, que inclui todos os esforços mentais que fazemos para tornar tudo sobre os outros métodos acima apresentados, úteis para ampliarmos o verdadeiro conhecimento e a sabedoria. É pela meditação que confirmamos nossa memória em relação às coisas que passam através dos nossos pensamentos nas ocorrências da vida, em nossa própria experiência e nas observações que fazemos.

³¹ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743): 31

³² Ibid. 32

³³ Ibid. 32

³⁴ Ibid. 32

Desta forma, seria através desse método é que construímos várias conclusões e estabelecemos em nossa mente princípios gerais do conhecimento, comparamos as várias ideias que derivam de nossos sentidos, ou de operações de nossas mentes e assim, podemos uni-los para formar opiniões e novas proposições. Além de ser responsável por fixarmos em nossa memória tudo quanto aprendemos, e gerar nossa própria forma de julgamento da verdade ou falsidade, a força ou fraqueza do que os outros falam ou escrevem³⁵.

É por meditação ou estudo que obteríamos longas cadeias de argumentos, e através da reflexão alcançaríamos profundas e difíceis verdades que antes estavam ocultas, escondidas na escuridão. De acordo com Watts, é algo desnecessário provar que a meditação solitária, junto com poucas observações, que a maior parte da humanidade é capaz de fazer, não é suficiente, para levar-nos à realização de proposições consideráveis de conhecimento, “pelo menos em uma Era tão aperfeiçoada como a nossa está, sem a assistência de conversação e leitura e dos outros métodos que poderão ser adquiridos em nossos dias”³⁶.

Cada método tem suas particularidades, vantagens e desvantagens, que podem ser superadas através do trabalho colaborativo entre os indivíduos. Desta forma, na segunda parte do livro, Watts aborda de forma mais aprofundada cada método, o que não será apresentado neste artigo.

Destacamos também que o autor não tem a intenção de que os métodos sejam utilizados como uma receita que garantirá a aprendizagem, já que, cada sujeito possui a sua individualidade para aprender. Tal compreensão do processo de ensino e aprendizagem foi discutida nos trabalhos de Neil Fleming (1939-2022) já no século XX, que destacam a importância de reconhecer as diferentes formas de como os indivíduos aprendem e adaptar as estratégias educacionais de acordo com esses estilos de aprendizagem.³⁷

ANÁLISE DA QUINTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS

O conceito de densidade já havia sido trabalhado na primeira aula de Mme Curie que ocorrera em vinte e sete de janeiro de 1907. Neste momento, a professora discursa de forma detalhada sobre o tema, utilizando a comparação entre materiais, para que seus alunos em um processo interno, reflexivo, como Watts diz em seu método *Meditação ou Estudo* compreendam o fenômeno.

Para trabalhar com o conceito de densidade, assunto que foi brevemente tratado na primeira aula de Mme Curie em vinte e sete de janeiro de 1907, ela busca trilhar um caminho através do detalhamento de conceitos, para que seus alunos em um processo interno, reflexivo, como Watts diz em seu método

³⁵ Ibid. 33

³⁶ Ibid. 33

³⁷ Márcia Mineiro e Cristina D’Ávila. “Como aprendem estudantes universitários? Estudo de caso sobre estratégias e estilos de aprendizagem”. *Revista Diálogo Educacional*, 20(64), 2020. p. 93-122. <https://doi.org/10.7213/1981-416x.20.064.ds05>

denominado *Meditação ou Estudo*, consigam no final compreender o que seria densidade, como compará-la em relação a materiais diferentes, entre outros assuntos.

A professora inicia a sua aula trabalhando com o tema matéria, conduzindo seus alunos a observar as diferenças entre um material e outro:

Marie Curie: Tudo que se toca é matéria. Temos aqui cubos. Um cubo é um corpo que tem 6 faces. Cada face é um quadrado. Todos os quadrados são iguais num cubo. Francis vai medir quantos centímetros tem o lado de cada face destes cubos. [...] Nós temos 3 cubos e cada um tem 4 centímetros de lado. Estes 3 cubos são, portanto, semelhantes, mas um é de chumbo, um é de ferro e um é de madeira. Apesar de terem a mesma forma, estes cubos não têm o mesmo peso. Eles não são, por consequência, feitos com a mesma matéria.

Eles não têm, aliás, a mesma cor: dois são de metal e o outro madeira. Nestes que são de metal, há um que se pode riscar com a unha e o outro não, o que significa que um é menos duro do que o outro³⁸.

Antes de serem pesados os cubos, Marie solicita que os alunos façam uma análise sobre o peso de três bastões, um de latão, um de ferro e um de alumínio e posteriormente façam a pesagem dos objetos. Diante dos resultados, Chavannes conclui em seus escritos que “O latão é então mais denso que o ferro e o ferro mais que o alumínio”³⁹, entendemos que essa conclusão é compartilhada com todos os estudantes e a aula prossegue.

Retornando aos cubos, um dos alunos, Jean Langevin, diz que o de chumbo é o mais pesado, neste momento Madame Curie o corrige mudando a sua linguagem, o que é uma característica da educadora. Em seguida, busca diligentemente auxiliá-lo a entender o motivo pelo qual há essa diferença e a compreender quais as condições que devem ser levadas em conta para comparar dois corpos:

Marie Curie: Não se deve dizer o mais pesado, porém, o mais denso. Se eu colocar um cubo de chumbo e um cubo de madeira, os dois com 4 centímetros de lado, nos pratos de uma balança, eu descobro que o chumbo é mais pesado que a madeira; porém, se eu colocar sobre os pratos da balança um pouco de chumbo e o cubo de madeira, qual vai pesar mais?

Jean Langevin e outros estudantes: A madeira

³⁸ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007): 91

³⁹ Ibid: 92

Marie Curie: Para comparar o peso dos corpos, é preciso considerar o mesmo volume destes corpos. Cada vez que nós quisermos saber qual é a matéria mais densa, nós compararemos porções iguais. Se, com o mesmo volume, o chumbo é mais pesado que a madeira, diz-se que o chumbo é mais denso que a madeira⁴⁰.

É interessante notar nessa aula, que a educadora utiliza um conceito que já foi apresentado na primeira aula, quando ela compara o peso do mercúrio com o peso da água, ela utiliza da mesma metodologia conduzindo os seus alunos a concluir que, para essa comparação, é necessário que haja duas garrafas de mesmo volume. Watts, quando aborda o método *Meditação ou estudo*, discursa sobre a importância da memória para resgatarmos conhecimentos que já nos foram apresentados e tornados “propriedades” nossas, através de processos da nossa própria mente^{41,42}

Irène, Aline e Marguerite (alunas mencionadas por Isabelle) pesam os cubos e obtêm os seguintes valores: Cubo de chumbo – 720,5 gramas; Cubo de ferro – 497,5 gramas; Cubo de buis⁴³– 62,3 gramas. Esses resultados demonstram o que Marie acabara de explicar, como os corpos tinham o mesmo volume, era possível saber qual era o mais denso através do seu peso⁴⁴.

Os experimentos anteriores abordavam a densidade de sólidos, para não deixar seus alunos com o pensamento de que só corpos no estado sólido possuíam densidade, indaga-os:

Marie Curie: Como proceder com líquidos para saber qual é o mais denso? Não se pode fazer cubos de líquido. Servimo-nos de uma garrafa.

Isabelle Chavannes: Paul e Jean pesam inicialmente uma garrafa vazia; ela pesa 33 gramas. Depois, cheia de água, ela pesa 204 gramas. O peso da água que ela contém obtém-se subtraindo do peso da garrafa cheia de água o peso da garrafa vazia:

$$204 - 33 = 171$$

Há 171 gramas de água⁴⁵.

Através da narrativa de Isabelle observa-se que ela utilizou do raciocínio da aula anterior para calcular a massa de água na garrafa, indicando que aquele conhecimento fora expressivo para ela, já que

⁴⁰ Ibid: 92

⁴¹ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743): 46

⁴² Ingrid Derossi. “Proposta de Caracterização da Metodologia de Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no início do século XX na “Cooperativa de Ensino”.” (dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013).

⁴³ Buis é um arbusto, sempre verde de madeira dura (NT). (CHAVANNES, 2007)

⁴⁴ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007)

⁴⁵ Ibid. 93

o aplicou sem nenhuma intervenção da professora. Neste trecho e na posterior conclusão de Isabelle sobre a densidade da água e do óleo, pode-se ver a presença do método de *Meditação ou Estudo* através do qual “transmitem os conceitos e os sentimentos dos outros para nós mesmos, e então fazê-los propriedade nossa, aprendê-los. É nosso próprio julgamento sobre eles, bem como nossa memória sobre eles, que os tornam propriedade nossa”⁴⁶.

Marie continua o experimento:

*Marie Curie: Eu peso a mesma garrafa cheia de óleo; encontro 162 gramas. O peso do óleo que esta garrafa contém é: 162 gramas – 33 gramas = 129 gramas*⁴⁷.

Isabelle conclui:

*Isabelle Chavannes: A água contida nesta mesma garrafa pesava 171 gramas. Eu vejo que a água é mais densa que o óleo*⁴⁸.

Continuando a aula, Marie busca trazer o raciocínio feito para os sólidos para comparar líquidos, faz com que os alunos pesem garrafas iguais vazias e com os líquidos, para analisar qual é o mais denso, retomando o que ela já havia dito na aula anterior, em relação ao volume dos sólidos:

Isabelle Chavannes: Francis vai pesar um frasco menor e o pesará cheio de água, cheio de mercúrio e cheio de óleo, para ver quais são os mais densos desses líquidos. Francis pesa o frasco vazio; encontra 14 gramas. Ele o pesa cheio de mercúrio e encontra um peso de 729 gramas. O peso do mercúrio contido no frasco é então:

729 gramas – 14 gramas = 715 gramas.

O frasco cheio de água pesa 67 gramas, ele contém então água com o peso de:

67 gramas – 14 gramas = 53 gramas.

O frasco cheio de óleo pesa 62 gramas; ele contém então o óleo pesando:

62 gramas – 14 gramas = 48 gramas.

*Nós vemos que, num mesmo volume, o volume deste pequeno frasco, o mercúrio é mais denso que a água e a água mais densa que o óleo*⁴⁹.

⁴⁶ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743): 48

⁴⁷ Ibid. 93

⁴⁸ Ibid. 93

⁴⁹ Ibid. 94

Watts aconselha a deixar o aprendiz terminar logicamente o seu discurso antes da resposta do instrutor, que ele apresentasse um raciocínio sobre o assunto exposto, sem que o falante deixasse claro, antecipadamente, o que estava querendo dizer. Podemos notar que essa característica está presente nessa aula, ao observarmos a conclusão formulada por Isabelle, após realizar o experimento⁵⁰.

ANÁLISE DA SEXTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE OBJETOS QUAISQUER

Esta breve aula, é complementar à anterior, onde os alunos deveriam utilizar do mesmo raciocínio para medir a densidade de corpos sem formas específicas:

Marie Curie: [...] Para um cubo nós podemos calcular o volume conhecendo o comprimento de seu lado; porém, temos aqui uma porção de enxofre de forma completamente irregular. É impossível calcular seu volume. Pois bem, há gente esperta que encontrou, apesar disto, o meio de saber quantos centímetros cúbicos tinha aquela porção de enxofre. Vamos descobrir este meio usando um vaso com tubo de escoamento. Aqui temos nosso vaso com um tubo de escoamento. Vamos enchê-lo de água até o nível do tubo de escoamento, depois mergulha-se completamente a porção de enxofre na água deste vaso. Recolhe-se cuidadosamente em uma proveta graduada a água que sai pelo tubo de escoamento quando se mergulha o enxofre. O número de centímetros cúbicos de água expulsos pelo enxofre indica o volume do enxofre. Recolhemos 83 centímetros cúbicos. Agora, para ter a densidade, é suficiente pesá-lo e dividir o peso encontrado por 83⁵¹.

Após ter trabalhado nas aulas a construção do conceito densidade a partir da discussão do volume dos corpos, Marie fará novamente a mudança na forma de falar de seus alunos, essa característica está presente no método *Conversação*, no qual o autor diz que quando o “tutor ao perceber uma pessoa inexperiente em matéria de debate deve guiá-la para um conhecimento claro do assunto”⁵². E conclui a aula:

Marie Curie: É fácil, como vimos saber o volume de uma garrafa, pesando-a vazia e cheia de água. Tem-se o volume procurado tirando-se o primeiro peso do segundo. A garrafa cheia contém tantos gramas de água quantos centímetros cúbicos ela possui. Procurar o

⁵⁰ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1743)

⁵¹ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007): 98

⁵² Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1801): 94

*volume de água que uma garrafa contém chama-se medir sua capacidade. Um litro contem 1000 gramas ou 1000 centímetros cúbicos de água*⁵³.

Em outras aulas de Madame Curie, é possível notar o que se repetiu nesta aula, caracterizando uma preocupação constante com a linguagem científica de seus alunos. Ela define cientificamente um processo, garantindo que seus alunos saibam a nomenclatura correta, o que pode ser visto também no método *Conversação*, quando o professor observar que o seu aluno não está tendo um “vocabulário científico” adequado para dialogar sobre determinado assunto, cabe a ele fazer o ajustamento deste, “*apresentando primeiro uma forma de expressão popular e então fazer a transição para a linguagem coloquial*”⁵⁴.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da escassez de registros que apresentem Madame Curie como educadora, nossa pesquisa sugere a influência direta de filósofos como Auguste Comte e seu positivismo empirista em sua metodologia de ensino. Ao examinar diversas biografias mencionadas no artigo, confirmamos que desde sua juventude em Varsóvia, ela teve contato com esses ideais.

Com base na análise de suas biografias e das anotações de Isabelle Chavannes, foi possível perceber que seu interesse pelo ensino e respeito ao conhecimento científico eram traços marcantes de sua personalidade. Pode-se inferir que ela via a experimentação como uma ferramenta facilitadora para seu próprio aprendizado e, possivelmente, acreditava que ao empregar essa metodologia, outros poderiam alcançar o mesmo sucesso que ela obteve na construção de seu conhecimento científico.

O fichário de Isabelle Chavannes, composto por dez aulas experimentais, revela que, em cada aula, estímulo e experimento, Marie Curie demonstrava uma preocupação evidente com a assimilação do conhecimento. Sua abordagem visava a uma compreensão sólida, duradoura e contextualizada. Mesmo considerando as diferenças temporais, não podemos deixar de destacar que essa cientista que ocasionalmente ensinava ou essa educadora que jamais se afastava da ciência incorporava em sua prática educacional os atributos desejáveis para o aperfeiçoamento da mente de acordo com os escritos de Watts.

Sobre as Autoras

⁵³ Isabelle Chavannes. *Aulas de Marie Curie*. (São Paulo: Edusp, 2007): 100

⁵⁴ Isaac Watts. *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life*, (Londres, 1801):98

Ingrid Nunes Derossi

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

ingrid.derossi@uftm.edu.br

Ivoni Freitas-Reis

Universidade Federal de Juiz de Fora

ivonireis@gmail.com

Artigo recebido em 19 de fevereiro de 2024
Aceito para publicação em 16 de junho de 2024



Todo conteúdo desta revista está licenciado em Creative Commons CC By 4.0.