

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

PUC/SP

SONIA REGINA TONETTO

A Cooperativa de Ensino de Mme Curie: relações entre ciência e educação em meio ao debate sobre o ensino francês entre o final do século XIX e o início do século XX

Doutorado em História da Ciência

São Paulo

2014

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

PUC/SP

SONIA REGINA TONETTO

A Cooperativa de Ensino de Mme Curie: relações entre ciência e educação em meio ao debate sobre o ensino francês entre o final do século XIX e o início do século XX

Doutorado em História da Ciência

Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de DOUTOR em História da Ciência, sob a orientação da Profa. Dra. Maria Helena Roxo Beltran.

São Paulo

2014

Banca Examinadora

*Aos meus pais pelo apoio irrestrito em todos os momentos de
minha vida.*

*Ao Decio pelo companheirismo, apoio e presença em todos os
momentos desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Maria Helena Roxo Beltran, por sua dedicação e paciência durante este período em que convivemos. Acreditando mais uma vez no meu trabalho, deu-me a liberdade necessária dividindo comigo as expectativas e me conduziu a maiores reflexões, tornando este trabalho realidade. Minha especial admiração e gratidão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes que através do Programa “Observatório da Educação” - OBEDUC, concedeu a Bolsa Doutorado, que possibilitou a realização deste trabalho. Meu muito obrigada.

Ao Renaud Huynh, Diretor do *Musée Curie/Institute Curie*, Paris, pelo acolhimento e a oportunidade de desenvolver minhas pesquisas no instituto, sempre prestativo, contribuiu de forma importante durante o período que passei em Paris. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor Georges Métailié, Diretor de Pesquisa Honorário do *Centre Alexandre Koyré*, Paris, pelas contribuições no decorrer de minha estadia em Paris. Meu muito obrigada.

A todos da *Bibliothèque Nationale de France*, Paris, pelo apoio durante as minhas pesquisas. Muito obrigada.

A todos os professores que participaram desta jornada, sempre solícitos. Sem eles não haveria enriquecedoras ideias. Meus agradecimentos por tantas contribuições.

Às professoras doutoras Ana Maria Alfonso-Goldfarb e Laís dos Santos Pinto Trindade, pelas contribuições importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

Aos professores doutores Fumikasu Saito, José Luiz Goldfarb, Márcia Helena Mendes Ferraz e Vera Cecília Machline, pelas contribuições durante as disciplinas do curso. Muito obrigada.

Ao pessoal do CESIMA, pela paciência, dedicação e simpatia, fornecendo materiais necessários ao desenvolvimento desse trabalho. Muito obrigada.

Aos meus queridos colegas de Mestrado e Doutorado em História da Ciência, pelos momentos de convívio, trocas e afetos. Meu muito obrigada.

Às professoras de inglês Bia e de francês Maria José, pelos estudos, apoio e incentivo no conhecimento dessas línguas, fundamentais para este trabalho. Meu muito obrigada.

À professora Helena, pelas sugestões importantes das normas de escrita. Muito obrigada.

A todos os amigos e colegas de trabalho, sem distinção da E.E. Prof. Raul Cardoso de Almeida e EMEF Prof. Leão Machado. Sou-lhes bastante grata.

Aos meus familiares, pelo incentivo e apoio, em todos os momentos desta e de outras caminhadas. Meus agradecimentos por tanta força e carinho.

A Deus, por ter me iluminado em mais uma jornada e, finalmente, a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho. Muito obrigada.

RESUMO

Autora: Sonia Regina Tonetto

Título: A Cooperativa de Ensino de Mme Curie: relações entre ciência e educação em meio ao debate sobre o ensino francês entre o final do século XIX e o início do século XX

Este trabalho tem como objetivo analisar as ideias sobre métodos de ensino de ciências, no início do século XX, defendidas por cientistas de destaque, como Marcellin Berthelot, Paul Langevin e Henri Poincaré e a importante participação desses cientistas na reforma do ensino francês de 1902. Além disso, procurou-se entender as dificuldades enfrentadas no ensino nas escolas francesas daquele período, compreendendo o que esses cientistas acreditavam ser o método ideal para o ensino de ciências e a influência das ideias positivistas nessas discussões. Analisa-se em particular o papel da Cooperativa de Ensino de Mme Curie (1907-1908) e os objetivos do grupo de professores que, como Paul Langevin, se envolveu nos debates sobre a reforma. Este trabalho foi desenvolvido a partir da análise de documentos depositados no *Institut Curie* e na *Bibliothèque Nationale de France*, Paris, textos da época, livros escritos por estudiosos e cientistas com participação direta e indireta na reforma, registros de conferências, artigos publicados, manuscritos das crianças que participaram da cooperativa, como Isabelle Chavannes e Irène Curie.

Palavras-Chave: História da Ciência; História da Ciência e Ensino; Reforma de ensino; França; Século XX; Cooperativa de Ensino; Mme Curie; Marcellin Berthelot; Paul Langevin; Henri Poincaré; Comte.

ABSTRACT

Author: Sonia Regina Tonetto

Title: The Co-operative Education of the Mme Curie: relationship between science and education amid debate about the French education in the late nineteenth century and early twentieth century

This work aims to analyze the ideas about methods of teaching science in the early twentieth advocated by prominent scientists as Marcellin Berthelot, Paul Langevin and Henri Poincaré and the important contribution of these scientists in the reform of French teaching, 1902. Furthermore, we sought to understand the difficulties faced in teaching in French schools of that period, we sought to also to understand what these scientists believed to be the ideal science teaching method and the influence of positivist ideas in these discussions. We analyzed in particular the role of Co-operative Education of Mme Curie (1907-1908) and the objectives of the group of teachers, including Paul Langevin, which was involved in the discussions on the reform. This work was developed from the analysis of documents filed at the *Institut Curie* and at *Bibliothèque Nationale de France*, texts and books written by scholars and scientists, with direct and indirect participation in the reform, records of lectures, articles and manuscripts of the children who participated in the cooperative, as Isabelle Chavannes and Irène Curie.

Keywords: History of Science, History of Science and Education; Reform education; France; twentieth century; Co-operative Education; Mme Curie; Marcellin Berthelot; Paul Langevin; Henri Poincaré; Comte.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1	
A reforma de ensino em 1902 e a influência das ideias positivistas.....	4
CAPÍTULO 2	
A sala de aula na Cooperativa de Mme Curie.....	29
CAPÍTULO 3	
Cientistas-Professores: ideias sobre o ensino de ciências na Cooperativa de Ensino.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	94
ANEXO.....	107

INTRODUÇÃO

O livro *Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes*, publicado recentemente, é visto como um livro interessante, com aulas de ciências consideradas inovadoras.¹ Essas aulas foram ministradas entre 1907 e 1908, por Mme Curie juntamente com um grupo de professores e cientistas, que criaram uma Cooperativa de Ensino. Esses professores e cientistas ministravam aulas práticas em alguns espaços de Paris, como o laboratório da *Sorbonne*. Mme Curie no laboratório da *École Municipale de Physique et de Chimie Industrielles* questionava as crianças enquanto realizava os experimentos, visando à compreensão dos principais conceitos, leis e os fenômenos presentes na natureza, realizando, junto às crianças, os experimentos e construindo aparatos para verificar os fenômenos.

Quando analisamos essas anotações de Isabelle Chavannes, em seu contexto histórico, observamos uma série de fatos que nos levam a entender a abertura da cooperativa e a intencionalidade dos professores e cientistas que dela participaram.

A Cooperativa de Ensino de Mme Curie foi criada cinco anos após a Reforma de Ensino, em 1902. Mesmo após essa reforma, ocorreram muitas discussões sobre o ensino francês nas academias, nas comissões, em artigos e livros publicados por estudiosos.

Naquela época, políticos, professores e cientistas discutiam sobre a necessidade de mudar o ensino francês, em especial, o ensino secundário. Questões sobre o que e como ensinar faziam parte dessas discussões. As opiniões de várias personalidades acadêmicas influenciaram a reforma do ensino, como Marcellin Berthelot, Paul Langevin e Henri Poincaré.

¹ Chavannes, *Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes*, 2007.

Para analisar a visão de ciência e de ensino que fundamentaram a proposta dessa cooperativa, discutiremos, no primeiro capítulo, o ensino nas escolas francesas no começo do século XX, procurando entender o que políticos, professores, estudiosos e cientistas discutiam nas comissões de ensino. Analisaremos as críticas e as ideias sobre o método de ensino, a influência das ideias positivistas nas discussões, o debate sobre o ensino clássico e moderno. Para isso foram utilizados documentos originais como livros, artigos, conferências, documentos oficiais da reforma de 1902. Verificaremos também alguns textos de estudiosos, que influenciaram as discussões na reforma de ensino de 1902, como Marcellin Berthelot, Paul Langevin e Henri Poincaré, assim como algumas de suas correspondências. Também foram consultados e discutidos estudos sobre os temas aqui abordados.

No capítulo 2 vamos analisar as anotações de Isabelle Chavannes, assim como os manuscritos de Irène Curie, *Le jornal des Petits*, provavelmente da mesma época da cooperativa. Nesse capítulo também será analisado o método utilizado nas aulas da cooperativa, e naquelas ministradas pelos cientistas nas universidades em especial as aulas de Jean Perrin e Mme Curie, na Sorbonne. Fazem parte desse capítulo as correspondências entre Mme Curie, suas filhas e também com algumas crianças que frequentaram a cooperativa, como Isabelle Chavannes, amiga das filhas da cientista. Teremos também, como fontes primárias de análise, alguns documentos encontrados em arquivos de Irène Curie no *Institut Curie*, os cadernos intitulados *Le Journal des Petits*, os cursos de Mme Curie, *Cours de Mme Curie 1918-1919*, presentes nas anotações de Irène Curie, os livros de física de Mme Curie concernentes às aulas dadas na *Sorbonne: Radioactivité* (Tomos 1 e 2), publicados em 1910 e em 1935, a tese da cientista, publicada em 1903, intitulada *Recherches sur les substances Radioactives* e outros livros sobre radioatividade, publicados após a apresentação da tese de Mme Curie.

Buscaremos compreender como os professores envolvidos na Cooperativa de Ensino abordavam os conteúdos em sala de aula em seus cursos na cooperativa, nas universidades e nos livros publicados. Analisaremos também algumas obras de autores anteriores à proposta da cooperativa que nos apontam um método semelhante ao utilizado por Mme Curie, de questionar as crianças sobre um conceito, um fenômeno da natureza e a realização de experimentos simples.

O capítulo 3 é uma análise das ideias dos cientistas sobre o ensino da época, em especial, o ensino de ciências. Vamos analisar as ideias de Berthelot sobre o método de ensino de ciências e que teve grande contribuição nas reformas de ensino francês. Verificaremos também as ideias de Paul Langevin apresentadas em conferências na primeira metade do século XX, citadas no livro *Pensamento e acção* e a opinião de Mme Curie sobre o ensino daquela época através de manuscrito e artigos publicados, que contribuirão para a compreensão dessas ideias de ensino e o que pretendiam com a Cooperativa de Ensino.

O estudo dos documentos selecionados foi realizado levando em conta as três esferas de análise em história da ciência, conforme perspectiva historiográfica atual.²

Procuraremos aqui contextualizar o manuscrito de Isabelle Chavannes em uma época de muitos debates sobre o ensino francês, em especial, o ensino de ciências. Os cientistas envolvidos nesses debates desejavam enaltecer o ensino de ciências no ensino secundário, acreditando em um ensino não só voltado a observações e práticas, mas ligado à imaginação e ao raciocínio: um ensino positivista que contribuiria para o progresso da humanidade.

² Sobre esse assunto, vide Alfonso-Goldfarb, “Centenário Simão Mathias: Documentos, Métodos e Identidade da História da Ciência”, 5-9 e Alfonso-Goldfarb et al., “A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços”, 49-73.

CAPÍTULO 1

A reforma de ensino em 1902 e a influência das ideias positivistas

Pretendemos neste capítulo realizar um estudo referente ao ensino nos liceus e colégios franceses no começo do século XX e compreender a influência, direta ou indireta, de diferentes ideias relativas aos métodos de ensino sobre as discussões nas comissões encarregadas da reforma de 1902. Focalizaremos principalmente as ideias dos cientistas Pierre Eugène Marcellin Berthelot (1827-1907), Jules Henri Poincaré (1854-1912) e Paul Langevin (1872-1946).

Entre 1875 e 1900 o ensino secundário na França passaria a ser considerado inadequado às necessidades da escolarização por ser conservador originado no *Ancien Regime*. Era clássico, privilegiando o estudo do grego e do latim. Esse ensino deixava de abordar as ciências experimentais. Com isso, as aplicações práticas e os progressos científicos foram ignorados.³ Em 1891, propõe-se um ensino considerado moderno, com as línguas vivas e a introdução das ciências nos cursos do Ensino Secundário.

No final do século XIX e início do século XX muitas propostas de reforma de ensino foram discutidas nas conferências promovidas pelo Conselho Superior de Instrução Pública e influenciaram as reformas na França. Em 20 de novembro de 1898, o Conselho Superior de Instrução Pública nomeou uma comissão de trinta e três membros, presidida por Alexandre Félix Joseph Ribot (1842-1923). O grupo foi responsável pela análise dos projetos e das sugestões de leis para o ensino público.

Quanto ao final do século XIX, três reformas ocorreram, respectivamente, nos anos 1880, 1885 e 1890, que envolveram a discussão sobre o ensino das línguas mortas e alterações no exame do

³ Rollet, *Henri Poincaré et la vulgarisation scientifique*, 74.

*Baccalauréat*⁴. Havia uma preocupação com a importância da reconstituição do antigo ensino de grego e latim destinado a uma clientela especial, como professores, magistrados e advogados, a constituição de um ensino clássico francês, considerado necessário à democracia, e de um ensino literário sólido e elevado, para uma grande massa de pessoas jovens, pressionadas a ganhar sua vida por meio da inteligência.⁵

A estrutura do ensino básico está definida nos *Documents officiels relatifs à la réforme de l'enseignement secondaire*, de 1902, que explica o novo regimento do ensino secundário. De acordo com esse documento, o ensino secundário seria dividido em dois ciclos: 1º ciclo, com duração de 4 anos, seria dividido nas seções A e B teria caráter clássico voltado às humanidades. Ao sair das classes elementares dos liceus ou das escolas primárias, os alunos entrariam nas seções A ou B do 1º ciclo, de acordo com a escolha da família. Na seção A, o latim era obrigatório e o grego facultativo, já na seção B não havia o ensino do latim e do grego, compreendendo o francês e as ciências. O 2º ciclo, com duração de 3 anos, seria composto das seções A, B, C, e D era voltado ao caráter científico. As matérias ministradas eram história moderna e antiga, geografia, latim, francês, uma segunda língua, desenho e ciências.⁶

⁴ O Decreto de 17 de março de 1808 criou o *Baccalauréat*. Os candidatos deveriam ter no mínimo 16 anos e o exame tinha apenas provas orais sobre autores gregos e latinos, retórica, história, geografia e filosofia. Esse exame fornecia um diploma ao final do ensino secundário e permitia o acesso ao ensino superior. O conteúdo foi modificado no decorrer dos anos. Especificamente em 1902, o decreto de 31 de maio permitiu a “secundarização” do *Baccalauréat* que foi uma adequação do conteúdo exigido no exame de acordo com que era ensinado no ensino secundário e a preparação e a aplicação desse exame deveria ter a participação de professores do ensino secundário. Essa modificação no *Baccalauréat* fez parte da Reforma de Ensino de 1902 e permitiu a escolha entre um exame clássico e um exame moderno. Hoje o *Baccalauréat* é um diploma do sistema educativo francês conferido aos alunos no final dos estudos secundários, dividido em três tipos: *Baccalauréat* geral, com questões socioeconômicas, atualidades, geografia, história e matemáticas; *Baccalauréat* tecnológico, dividido em: da gestão; do desenho e das artes aplicadas; da indústria e do desenvolvimento sustentável; do laboratório; da saúde e do social; da agronomia e da vida; da música e da dança; *Baccalauréat* profissional, com 80 especialidades. Com 9 a 10 provas obrigatórias, orais e escritas além das provas facultativas. Sobre o *Baccalauréat*, vide *Ministère de l'éducation nationale*, <http://www.education.gouv.fr/cid143/le-baccalaureat.html> (acessado em 18 de janeiro de 2014) e www.senat.fr/rap/r07-370/r07-3706.html (acessado em 19 de janeiro de 2014).

⁵ Michel, *Notes sur l'enseignement secondaire*, 119-122

⁶ *Documents officiels relatifs à la réforme de l'enseignement secondaire*, 4-12.

Ao fazer-se um levantamento dos documentos referentes à educação daquela época, observa-se a preocupação com o ensino primário e secundário na França, inclusive, após a reforma de 1902. Os debates registrados nos livros e atas das conferências apontam para a necessidade de mudanças no ensino clássico, a fim de inserir as chamadas “línguas vivas”, em particular o inglês e o alemão, e à literatura nos currículos, porém mantendo as “línguas mortas”, o grego e o latim.

Naquela época, aritmética, álgebra e trigonometria eram ensinadas exigindo raciocínios rigorosos dos alunos, provavelmente, através de fórmulas e cálculos, sem as especulações sugeridas por Auguste Comte (1798-1857) e sem demonstrações defendidas por Henri Poincaré. Comte acreditava que se podia chegar às explicações dos fenômenos através de observações e especulações. Havia a necessidade de conhecer as leis que regiam esses fenômenos, a natureza e os procedimentos para modificá-la. Isso exigia o conhecimento das ciências fundamentais, não só da física e da química, mas também da astronomia e da fisiologia.⁷ Poincaré, em sua obra *O valor da ciência*, comentou a respeito da relação entre intuição e indução nos procedimentos das ciências experimentais em que destaca a importância da demonstração.⁸ Mas o ensino de ciências físicas e naturais era teórico e seguia protocolos experimentais, descrevendo somente aparelhos.⁹ Sobre essas ideias aprofundaremos mais adiante.

Várias comissões de educação e ligas de ensino, discutindo a necessidade de reformas no ensino francês, foram formadas no final do século XIX e início do século XX. Nessas comissões o foco era o ensino secundário, mas havia outro grupo discutindo o ensino superior. A revisão dos programas de ciências que acompanhava a reforma de 1902

⁷ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 26.

⁸ Poincaré, *O valor da ciência*, 23-25.

⁹ Rollet, *Henri Poincaré et la vulgarisation scientifique*, 75.

foi realizada por uma comissão nomeada em fevereiro de 1901, com caráter exclusivamente parisiense. Faziam parte da subcomissão das ciências físicas Lucien Poincaré (1862 – 1920), Jean Baptiste Perrin (1870-1942) e Paul Langevin (1872-1946) renomados cientistas da época.¹⁰

Essa subcomissão de revisão dos programas de ciências tinha como objetivo preservar a unidade da ciência; permitir ajuda mútua das diferentes disciplinas, além da conjugação dos métodos indutivos e dedutivos em matemática e física. Desejava-se um ensino de ciências voltado à realidade, com ajuda de experiências concretas para os mais jovens ou com a ajuda do método experimental para os mais velhos.¹¹

Georges Leygues (1857-1933), antigo ministro de Instrução Pública e das Belas Artes, acreditava que não era dada a devida importância ao ensino das línguas clássicas no ensino secundário. Segundo ele, as línguas clássicas seriam a base da educação e as humanidades teriam conservado e transmitido, de ano em ano, o que haveria de verdadeiro e de eternamente humano na sabedoria antiga, pois elas teriam sido os alimentos de todos os “nobres espíritos” desde o século XVI até o XIX.¹² Ele acreditava também que os estudos clássicos e científicos deveriam relacionar-se sem rivalidades, cada um deveria preparar os “espíritos elevados e robustos”, munidos de ideal e de conhecimentos positivos.¹³

Esses discursos fazem-nos pensar que havia uma preocupação com a fragmentação do ensino e a necessidade de manter certas disciplinas nas escolas francesas por acreditarem que seriam necessárias ao conhecimento e ao desenvolvimento intelectual, perpetuado ao longo dos séculos, como no caso das línguas grega e latina.

¹⁰ Hulin, *L'Enseignement de la physique: d'une réforme à l'autre, permanences et décalages*, 108.

¹¹ Rollet, *Henri Poincaré et la vulgarisation scientifique*, 76-77.

¹² Leygues, *L'école et la vie*, 207.

¹³ *Ibid.*, 211.

Nas palavras de Georges Leygues encontramos referências às ideias positivistas que influenciaram muitos pensadores daquela época. Ideias de “progresso”, “ordem” e “verdade”. De acordo com Comte, no ensino dogmático, as ciências eram ordenadas segundo suas dependências sucessivas. Havia uma sequência a ser respeitada, tanto na hierarquia quanto no estudo das ciências, como veremos mais a frente.

No ensino de ciências o que poderia ser ensinado através de atividades práticas, ficava restrito às imagens de experimentos dos livros didáticos e aos estudos de fenômenos através de fórmulas e cálculos matemáticos nos cursos de ciências. Ao analisar os livros e manuais do final no século XIX e início do século XX deparamo-nos com imagens de experimentos seguidos de conceitos e cálculos matemáticos. Um exemplo, o livro de M. Jamin, *Cours de Physique de l'École Polytechnique*, de 1888, com várias edições e publicações. Na parte de Hidrostática além dos conceitos, fórmulas e cálculos matemáticos, há imagens de aparatos de laboratório, como os vasos comunicantes, na figura abaixo. A mesma imagem aparece nos livros destinados ao ensino secundário, como podemos observar abaixo:

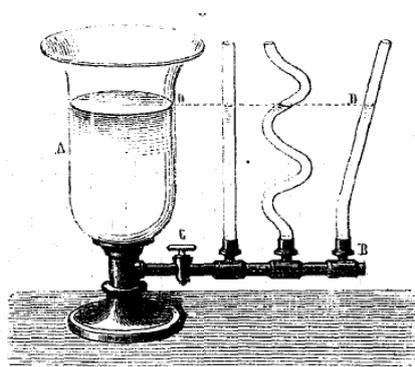


Fig.1: Vasos comunicantes. *Cours de Physique de l'École Polytechnique*, M. Jamin, 1888, 161.

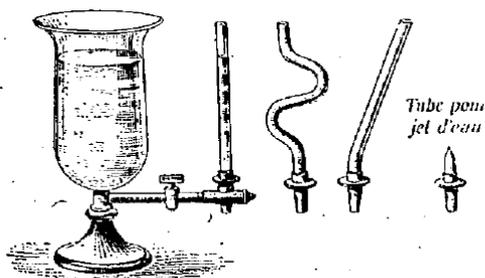


Fig.2: Vasos comunicantes. *Cours de physique à l'usage des candidats aux écoles d'arts et métiers*, Jules Basin, s/d, 87.

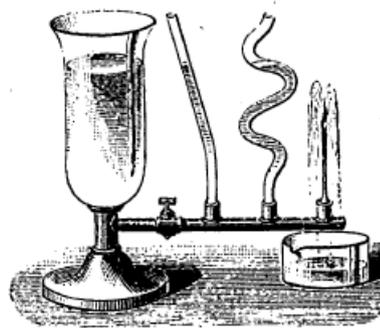


Fig.3: Vasos comunicantes. *Physique et chimie: à l'usage des élèves de classe de quatrième*, C. Haraucourt, 1902, 71.

Depois da reforma de ensino, em 1902, observamos as mesmas seqüências de conteúdos e esquemas de experimentos, dando ênfase aos conceitos, fórmulas e cálculos.

Segundo Nicole Hulin, com a reforma de 1902, teve início o ensino de cálculo diferencial e integral no ensino secundário.¹⁴ A reforma enfatizava a necessidade de atividades envolvendo aplicações práticas, porém a experimentação ficou reduzida aos protocolos experimentais, cálculos, fórmulas matemáticas e medidas.¹⁵ Ainda que a reforma tenha introduzido um novo espírito no ensino de ciências, ressaltando a importância das ciências na cultura, o ensino secundário naquela época é julgado desatualizado em seus conteúdos.¹⁶

O objetivo da reforma era fazer conhecer as grandes leis da natureza, permitindo ao aluno entender o que se passava ao seu redor. A palavra “experimental” era frequentemente utilizada e os estudantes eram levados a inclinarem-se diante de uma prova e de aprender a observar, classificar e verificar uma hipótese. Segundo Nicole Hulin, Jean

¹⁴ Hulin, *L'Enseignement de la physique: d'une réforme à l'autre, permanences et décalages*, 102.

¹⁵ *Ibid.*, 103.

¹⁶ *Ibid.*, 108.

Baptiste Dumas (1800- 1884) sugeria, desde 1847, que as práticas realizadas pelos alunos eram indispensáveis ao estudo das ciências físicas.¹⁷

Na primeira metade do século XIX temos as discussões sobre a importância da observação e da experimentação nas ciências. Comte fez parte dessas discussões apresentando suas ideias nas principais obras de sua autoria: *Calendrier positiviste* (Paris, 1849; Londres, 1894); *Catéchisme positiviste* (Paris, 1852; Londres, 1858); *Cours de philosophie positive*, em 6 volumes (Paris, 1830; Londres, 1853); *Discours sur l'ensemble du positivisme* (Paris, 1848; Londres, 1865); *Discours sur l'esprit positif* (Paris, 1844; Londres, 1903), entre outras obras sobre filosofia matemática, filosofia social, política positiva, geometria e astronomia.

Comte cita em seu livro, *Discurso sobre o Espírito Positivo*, a necessidade de observar os fenômenos. Essa observação também envolve a experimentação. Segundo ele, a imaginação subordina-se à observação, constituindo um estado lógico, com especulações sobre os fenômenos da natureza, havendo a necessidade de substituir a inacessível determinação das causas, pela simples pesquisa das leis. Com isso, estabelecem-se relações constantes entre os fenômenos observados.¹⁸ Tais ideias seriam retomadas e discutidas pelos cientistas envolvidos nas reformas educacionais francesas do início do século XX.

Na época da reforma de 1902, pretendia-se organizar o ensino de física com trabalhos práticos, portanto, haveria uma mudança na rotina dos professores e seria necessário adequar os laboratórios dos liceus. Lucien Poincaré elaborou o projeto de um livro de experiências de física, intitulado *Recueil d'expériences élémentaires de physique*, publicado posteriormente em 1904, com colaboração de professores do ensino

¹⁷ Hulin, *L'Enseignement de la physique: d'une réforme à l'autre, permanences et décalages*, 114.

¹⁸ Comte, *Discurso sobre o espírito positivo*, 48-49.

secundário e cuja autoria foi atribuída ao secretário geral da comissão Henri Abraham.¹⁹

Paul Langevin alerta para a crise em que se encontrava a física no começo do século XX devido às contradições existentes entre os cientistas. Essas contradições diziam respeito aos então recentes estudos que buscavam novas explicações para os fenômenos observados. Segundo Langevin, a mecânica clássica não permitia o estudo do movimento dos elétrons e equações eram construídas para explicar os fenômenos descobertos na época, conseqüentemente, surgiram dificuldades para explicar a natureza exata da matéria, e suas relações com a eletricidade e com o “éter”.²⁰ A presença desses cientistas nas comissões de ensino leva-nos a pensar sobre a importância dada por eles à forma de ensinar ciências nas escolas francesas e à adequação ao método de ensino de ciências, diante de inúmeras descobertas, como no caso dos trabalhos sobre atomística.

A partir de análises de livros clássicos dessa época podemos observar que o ensino francês seguia conteúdos tratados no começo do século XIX. Os fatos observados na natureza eram explicados pela mecânica e a atomística não fazia parte do currículo do ensino. Langevin criticava a forma como era desenvolvido o ensino da mecânica nas escolas como tendo “...um caráter superficial...”²¹. Isso deve-se às origens da mecânica clássica, consideradas obscuras, não explicando os novos fenômenos descobertos relacionados à atomística e ao eletromagnetismo.

A discussão sobre o ensino antigo e o moderno continuava no começo do século XX, em especial, 1902, ano da reforma do ensino,

¹⁹ Hulin, *L'Enseignement de la physique: d'une réforme à l'autre, permanences et décalages*, 109-110.

²⁰ Langevin, *Pensamento e acção*, 52. O “éter”, nome dado a uma espécie de meio sutil e imponderável, presente em toda parte, seria o suporte dos campos produzidos no espaço pela presença de partículas materiais. A noção de elétrons, de centro eletrizado móvel, constituía a ligação entre o éter e a matéria constituída por um agrupamento de elétrons. O “éter” era utilizado para explicar os fenômenos elétricos e magnéticos no século XIX. Mais detalhes, vide “O congresso de Saint-Louis: A física dos elétrons”, In Langevin, *Pensamento e acção*, 51-58.

²¹ Langevin, *Pensamento e acção*, 160-161.

com os estudos gregos e latinos debilitados e classes lotadas de alunos. Suprimir o *Baccalauréat*, na opinião dos professores daquela época, levaria ao desinteresse dos alunos que não trabalhariam mais e não frequentariam as classes superiores dos liceus.²² Tais palavras remetem-nos à possibilidade de desinteresse pelos estudos.

As ideias de Marcellin Berthelot tiveram influência na reforma de ensino, pois acreditava-se que as línguas vivas e a literatura moderna eram os acessórios ao ensino moderno e que as ciências são a base e a essência que fornecem elementos à cultura humana e a todos os cidadãos de uma democracia.²³ Berthelot acreditava que o estado deveria proporcionar um ensino utilitário e profissional, o que atenderia também o desejo dos pais.²⁴

Nos discursos dos ministros, nos livros e jornais da época, há inúmeras referências a Berthelot. Ele publicou muitos trabalhos sobre química orgânica, mecânica química e termoquímica bem como teve importante papel nas origens da área de História da Ciência.²⁵ Interessantes trabalhos desse químico foram publicados, como: *Les origines de l'alchimie* (1885); *Science et philosophie* (1886;1905); *Collection des anciens alchimistes greges*, em 3 volumes (1887-1888); *Introduction à l'étude de la chimie des anciens et du moyen age* (1889); *La révolution chimique. Lavoisier* (1890; 2ª edição 1902); *Histoire des sciences. La chimie au moyen age*, em 3 volumes (1893); *Science et Morale* (1897); *Science et éducation* (1901); *Science et libre pensée* (1905); *Archéologie et histoire des sciences* (1906).

²² Hulin, *L'Enseignement de la physique: d'une réforme à l'autre, permanences et décalages*, 151.

²³ *Ibid.*, 227.

²⁴ Galuch, "Sobre as finalidades das disciplinas escolares: O ensino de ciências na escola pública do século XIX", 31.

²⁵ Sobre a contribuição de Berthelot à História da Ciência, vide *O que é História da Ciência*, Ana Maria Alfonso-Goldfarb, 64; "A complexa abordagem dos cenários de laboratório na literatura alquímica", Ana Maria Alfonso-Goldfarb & Safa Abou Chahla Jubran, In *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*, 11-38; "O laboratório e o ateliê", Maria Helena Roxo Beltran, In *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*, 39-60; "Receitas, experimentos e segredos", Maria Helena Roxo Beltran, In *O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações*, 65-91.

Na obra *Science et éducation*, Berthelot comentou sobre a necessidade da educação romper o método tradicional e direcionar-se a uma transformação dos métodos que ocorreria através da ciência e da liberdade. Em conferência, no dia 16 de maio de 1897, na *Sorbonne*, Berthelot falou da importância do ensino de ciência como objeto fundamental ao desenvolvimento da sociedade, da saúde, da instrução e da moralidade. Segundo o cientista, a ciência contribuiria para transformar e ampliar os conhecimentos.²⁶ “A verdade e o bem, a ciência e a moralidade estão ligadas de uma maneira invencível.”²⁷

Berthelot criticou os métodos ultrapassados com que eram ensinadas a cultura científica e literária nos cursos secundários. Segundo suas concepções a educação moderna não deveria ser dada nas mesmas instituições do ensino clássico, utilizando os mesmos métodos e as mesmas pessoas e a literatura não deveria ser ensinada superfluamente.²⁸

“A educação moderna, ao contrário, se ela fosse convenientemente dirigida, deveria basear-se essencialmente no estudo do francês, das línguas modernas e das ciências, e preparar para um caminho de sucesso nas carreiras através dos quais os cidadãos pudessem viver e servir sua pátria de uma maneira independente.”²⁹

Segundo o cientista, as línguas vivas eram ensinadas, admirando as belezas literárias de autores alemães e ingleses, como no ensino clássico que se ensinava através dos autores gregos e latinos. As línguas modernas deveriam ser ensinadas para que a criança pudesse

²⁶ Berthelot, *Science et éducation*, 2-3.

²⁷ *Ibid.*, 5.

²⁸ *Ibid.*, 76.

²⁹ *Ibid.*, 91.

falar e escrever.³⁰ Sobre o ensino de ciências, Berthelot enfatizou a importância desse conhecimento para a sociedade, utilizando como exemplo a indústria de eletricidade que começava a organizar-se na França e que exigia a prática e um conhecimento mais completo.³¹ O ensino de desenho deveria ser direcionado ao profissional ao invés de ser somente estético, desse modo os jovens que escolhessem engenharia ou arquitetura deveriam conhecer a geometria descritiva, o desenho das máquinas e dos aparelhos.³²

Para Berthelot era necessário dar um conhecimento geral, exercitar os espíritos das crianças, despertando a curiosidade, o desejo de estudar por si próprio, de acordo com suas idades, escolhas e inteligências.³³

Ideias positivistas estão presentes nos discursos quando se trata do ensino de ciências nas escolas francesas, necessário para o progresso da civilização e o desenvolvimento intelectual das pessoas.³⁴

Nas comissões de ensino, no começo do século XX, há citações das ideias positivistas de Comte. Dessa forma, aqui vamos deter-nos em algumas delas, que integrantes da comissão de ensino traziam implícitas nos seus diálogos e discussões. Em seguida, prosseguiremos analisando algumas ideias de matemáticos, físicos e químicos para entender o que se pretendia no ensino de ciências naquela época.

Comte comenta que o espírito humano deve preocupar-se em descobrir as leis efetivas dos fenômenos da natureza, combinando o raciocínio e a observação. Os conhecimentos que surgem através de fatos observados são reais. Há necessidade de entregar-se à observação e formar uma teoria a partir das observações, como indica a citação abaixo:

³⁰ Berthelot, *Science et éducation*, 97.

³¹ *Ibid.*, 105.

³² *Ibid.*, 107.

³³ *Ibid.*, 93.

³⁴ Leygues, *L'école et la vie*, 202.

“Se, contemplando os fenômenos, não os vinculássemos de imediato a algum princípio, não apenas nos seria impossível combinar essas observações isoladas e, por conseguinte, tirar daí algum fruto, mas seríamos inteiramente incapazes de retê-los, no mais das vezes, os fatos passariam despercebidos aos nossos olhos.”³⁵

No pensamento positivo, a imaginação e a argumentação dá espaço à observação. Há uma união entre o teórico e a prática.

O método consiste na observação e na formulação das leis, para prever e interferir com a realização de experimentos. O positivismo substitui as causas pelas leis. O método não é procurar as causas dos fatos, é buscar as leis que regem os fatos através da observação dos fenômenos.³⁶

Berthelot comenta sobre a ciência e a razão que repousam em uma mesma base. Para ele o conhecimento dos fatos e suas relações gerais são constatados pela observação dos fenômenos naturais e pela experimentação. A ciência e a razão são bases para o conhecimento da verdade e a busca das explicações.³⁷

Para Langevin, quem utiliza os resultados da investigação científica deve saber que só a afirmação não basta na investigação. É preciso saber também onde acaba o campo da validade das leis para não dar uma extensão ilegítima aos fatos observados.³⁸

Paralelamente à reforma de ensino, no começo do século XX, há discussões sobre a natureza da matéria entre os cientistas Poincaré e Langevin. Poincaré influenciado por ideias intuitivas e lógicas na

³⁵ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 05.

³⁶ Bertucci, “O positivismo na teoria descritivista de Bloomfield”, 68-70.

³⁷ Berthelot, *Science et libre pensée*, 25-35.

³⁸ Langevin, *Pensamento e ação*, 157.

matemática acreditava nos princípios da física que seriam produtos da consciência, enquanto Langevin afirmava a realidade objetiva da matéria: “Paul Langevin seria levado a combater as concepções confusas e frequentemente idealistas de numerosos cientistas da sua época.”³⁹ Muitos cientistas dessa época acreditavam na teoria da energética, pois a explicação dos fenômenos da natureza se reduzia à energia.⁴⁰

Comte comenta que o caráter fundamental da filosofia positiva é tomar os fenômenos como sujeitos, analisar com exatidão as circunstâncias de sua produção e vinculá-las umas às outras, mediante relações normais de sucessão e de similitude, sem pretensão de expor as causas geradoras dos fenômenos.⁴¹ Observar um fenômeno, descobrir as leis e confirmar a teoria são passos fundamentais para Comte.

Para Berthelot, a ciência está fundada na liberdade de pensamento e no conhecimento exato das leis naturais.⁴² Assim, é necessário ter o conhecimento exato da observação e da experiência, para obter a verdade dos resultados adquiridos.⁴³

No pensamento positivo o homem está mais maduro para as investigações científicas, sendo capaz de agir sobre a imaginação. A atividade intelectual é estimulada a descobrir as leis que regeriam esses fenômenos, com o desejo de confirmar uma teoria. Comte critica as divisões das especialidades, pois cada ramo do sistema científico separado do tronco teria excessiva particularidade nas ideias que ocupam cada inteligência individual. Para ele, dividir as ciências em especialidades era necessário apesar de sempre ser um processo artificial, pois acreditava que no mundo dos cientistas a maioria limitava-se a uma ciência determinada. Mas o cientista não deveria se limitar

³⁹ Citação de Paul Labérenne, In Langevin, *Pensamento e ação*, 56.

⁴⁰ *Ibid.*, 56.

⁴¹ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 07.

⁴² Berthelot, *Science et libre pensée*, 35.

⁴³ Berthelot, *Science et morale*, 24.

somente à sua especialidade, antes disso, ele deveria ter conhecimento sobre os outros ramos da ciência de modo a manter um pensamento de “caráter geral”.⁴⁴ Comte acreditava que os cientistas deveriam ter conhecimento de outras especialidades, das mais simples às mais complexas, ou seja, além de suas próprias especialidades, um físico deveria conhecer matemática e astronomia; o químico deveria conhecer matemática, astronomia e física, assim, sucessivamente até o físico social. Comte estabeleceu a hierarquia das ciências a partir das mais simples ou gerais para as específicas, da seguinte forma: matemática, astronomia, física, química, fisiologia e física social.⁴⁵

Seguindo essa linha, Berthelot comenta a importância da física e da química, pois, segundo o cientista, o mundo tendia a ser regido por elas, dada suas importâncias para a indústria, em crescimento na segunda metade do século XIX.⁴⁶

Paul Langevin, em Conferência de 1904, refere-se ao trabalho do cientista de interrogar continuamente a natureza, confrontando os fatos, “... cobrindo-a de uma rede com ramificações..., cujos últimos rebentos se ligam intimamente aos ramos principais”. A física matemática seria ideal para acompanhar esse processo.⁴⁷

Segundo Langevin, a mecânica deveria fazer parte do ensino de física devido a sua especificidade, pois, até então, era ensinado nos cursos de matemática. Como podemos observar abaixo:

“... Conviria, portanto, retirar o seu ensino ao professor de matemáticas para confiar ao físico; perderia desse modo o caráter de ciência racional e acabada que a proximidade excessiva das matemáticas ainda mais acentua, quando na

⁴⁴ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 06-11.

⁴⁵ *Ibid.*, 35-39.

⁴⁶ Berthelot, *Science et libre pensée*, 67.

⁴⁷ Langevin, *Pensamento e ação*, 159.

realidade, apenas representa uma primeira aproximação do aspecto mais superficial das coisas, as leis aproximadas do movimento dos corpos com pequenas velocidades e à escala humana ou microscópica.”⁴⁸

Langevin acreditava que a mecânica não era tão abrangente, de forma que pudesse ser aplicada na explicação geral dos fenômenos e, portanto, seria um capítulo específico da física. Para justificar a sua ideia, Langevin citou o exemplo da cosmografia inicialmente ensinada em matemática e que, com o tempo, tornou-se um ramo específico da física.⁴⁹

Para Comte o conhecimento da história das ciências tem alta importância, pois não seria possível conhecer uma ciência sem conhecer a história.⁵⁰

Em sua concepção as ciências devem emprestar noções a outras ciências, pois são dependentes, sem exercer influência. A matemática é o ponto de partida de toda a educação científica racional. Comte deixa claro que os estudos positivos devem seguir a astronomia, por serem fenômenos gerais, mais simples e abstratos, afastados da humanidade, progredindo depois para a física, química, fisiologia e, por último, a física social, mais particular, complexa e concreta.⁵¹ Há relações entre elas, a sequência é científica e lógica, indicando a ordem em que as diversas ciências constituíram-se ao longo da história.⁵²

Também Berthelot comenta sobre diversas ciências, classificando-as. Para ele a matemática, essencialmente dedutiva e racional, eleva o espírito humano e seria indispensável à pesquisa física que se baseia em observação e experimentação, combinada com o raciocínio. Na zoologia

⁴⁸ Langevin, *Pensamento e acção*, 197.

⁴⁹ *Ibid.*, 198.

⁵⁰ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 29.

⁵¹ *Ibid.*, 29-37.

⁵² Lacerda, “Elementos estáticos da teoria política de Augusto Comte: As pátrias e o poder temporal”, 65.

e na botânica cita a importância das coleções, a noção de classificação e relação para o conhecimento humano. Para Berthelot, as ciências experimentais, física e química são importantes conhecimentos a serem ensinados antes da adolescência, associados ao conhecimento matemático.⁵³

No método positivo, todas as especialidades seriam necessariamente insuficientes para renovar o sistema de educação. O estudo das generalidades científicas destina-se a reorganizar a educação e contribuir para o progresso das diversas ciências positivas. As divisões entre as ciências apresentam uma artificialidade, pois separa as dificuldades para melhor resolvê-las, deixando-as ainda sem solução. Para Comte há necessidade de uma reforma geral no sistema de educação francesa:

“... os bons espíritos reconhecem unanimemente a necessidade de substituir nossa educação europeia, ainda essencialmente teológica, metafísica e literária, por uma educação positiva, conforme ao espírito de nossa época e adaptada às necessidades da civilização moderna.”⁵⁴

Na reforma de 1902, observamos que as disciplinas estão separadas, com preocupações referentes aos horários, onde as áreas do conhecimento científico aparecem nos diferentes níveis para preparar as crianças para os exames. Nas comissões há debates sobre a importância do ensino de línguas mortas ou vivas. Há um grupo liderado por Georges Leygues que acredita na importância do ensino das línguas mortas. A respeito das línguas vivas e mortas, Comte comenta sobre a importância das línguas para compreender outros trabalhos de estudiosos no passado.⁵⁵

⁵³ Berthelot, *Science et morale*, 117-120.

⁵⁴ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 15.

⁵⁵ *Ibid.*, 37.

Mas, para Berthelot, no ensino no final do século XIX, nem o grego e nem o latim são necessários às famílias que buscam a cultura francesa, que dão importância às línguas consideradas modernas. Para ele o problema está em quem ensina as línguas modernas pelo método essencialmente literário, como se faz com as línguas mortas. O importante é ensinar através da prática com o estudo da cultura literária.⁵⁶

Sobre o ensino, na primeira metade do século XIX, Comte afirmava: “Se um bom espírito quiser hoje estudar os principais ramos da filosofia natural..., será obrigado a estudar separadamente cada um deles.... Isto torna tal educação quase impossível e necessariamente imperfeita...”⁵⁷

Comte comenta sobre a importância do contato das crianças com as artes. Na primeira educação, com os pais, prevalece a cultura da imaginação. Na arte ele cita a poesia, como fundamental, a música e o desenho. Na segunda educação exige as lições públicas e fala da lei enciclopédica sobre as exigências necessárias para o espírito humano: conhecimentos de astronomia, física, química, fisiologia e a física social. Esse tipo de regime, da natureza abstrata e independente dos estudos matemáticos, absorverá dois anos do ensino inicial, em que a dedução prevalecerá sobre a indução, inclinando o aluno às teorias metafísicas, reduzindo-o ao ateísmo, substituindo pelo verdadeiro positivismo. Essa fase da criança é necessária ao espírito humano, pois é a fase transitória entre a metafísica e o estado positivo.⁵⁸

Os livros de Comte fizeram parte das leituras dos eruditos do século XIX e, conseqüentemente, influenciaram as ideias na política, na sociedade e no meio acadêmico-científico. No final do século XIX e início do século XX, temos na academia científica grupos que seguem os

⁵⁶ Berthelot, *Science et Morale*, 106-109.

⁵⁷ Comte, *Curso de filosofia positiva*, 15.

⁵⁸ Comte, *Discours sur l'ensemble du Positivisme*, 182-188.

métodos positivos e outros que os criticam, porém cada um com ideias distintas de acordo com suas especialidades. Esses cientistas influenciaram as pesquisas, como veremos mais adiante, defendendo-as na comissão de ensino, direta e indiretamente.

Poincaré acreditava que na matemática havia dois tipos de espíritos diferentes: o lógico, dos analistas e, o outro, guiado pela intuição. Segundo Poincaré, os lógicos permanecem analistas, mesmo quando fazem geometria, enquanto os intuitivos permanecem geômetras, mesmo que se ocupem de análise pura. É a natureza do espírito que os fazem lógicos ou intuitivos.⁵⁹ Para Poincaré, os dois tipos de espíritos são igualmente necessários ao progresso da ciência: o lógico e o intuitivo.⁶⁰ Poincaré publicou algumas obras importantes, como: *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, em 3 volumes (Paris, 1892-1899); *La science et l'hypothèse* (Paris, 1906); *Science et méthode* (Paris, 1908); *La valeur de la science* (Paris, 1913).

No artigo “Poincaré against the logicist” temos uma ideia dos grupos que prevaleciam na matemática: os lógicos e os intuitivos.⁶¹ No começo do século XX, Poincaré ataca as ideias de Cantor, Peano, Russell, Zermello, Hilbert, os matemáticos lógicos da época. Ele afirma que esses lógicos não aceitavam a necessidade da intuição na matemática. Essas ideias lógicas reduziriam o pensamento matemático ao vazio, pois tinham seu objeto de estudo limitado, prevalecendo os argumentos e deduções.⁶²

Observamos dois grupos distintos: aqueles que seguem as explicações através da imaginação e argumentação e aqueles que seguem suas explicações pela observação e experimentação, como uma das tarefas de um intuitivo. Segundo Poincaré:

⁵⁹ Poincaré, *O valor da ciência*, 13.

⁶⁰ *Ibid.*, 15.

⁶¹ Goldfarb, W. “Poincaré against the logicist”, 63.

⁶² *Ibid.*, 63.

“... os analistas devem, sem a ajuda dos sentidos e da imaginação, ter a percepção direta daquilo que constitui a unidade de um raciocínio, daquilo que constitui por assim dizer sua alma e sua vida íntima.”⁶³

E, mais adiante:

“...ao tornar rigorosa, a ciência matemática assume um caráter artificial que surpreenderá a todos, esquece suas origens históricas, vê-se como as questões podem resolver-se, não se vê mais como e por que elas surgem.”⁶⁴

Mostrando que a lógica não basta, que a ciência da demonstração não é ciência inteira, então a intuição seria um complemento à lógica. A intuição é necessária ao explorador para escolher a rota, é uma faculdade necessária para ver o fim de longe.⁶⁵ Poincaré acredita na união dos dois espíritos, lógica e intuição, cada uma com seu papel, necessário e indispensável ao jogo do conhecimento.

“...compreender a partida é algo inteiramente diferente, é saber por que o jogador avança determinada peça ao invés de outra, que poderia ter movido sem violar as regras do jogo. É perceber a razão íntima que faz dessa série de lances sucessivos uma espécie de todo organizado. A fortiori, essa faculdade é necessária ao próprio jogador, isto é, ao inventor.”⁶⁶

⁶³ Poincaré, *O valor da ciência*, 24.

⁶⁴ *Ibid.*, 20.

⁶⁵ *Ibid.*, 20-21.

⁶⁶ *Ibid.*, 21-22.

Para Poincaré a intuição deve ter um valor no ensino das ciências. Sem a intuição, os jovens espíritos não se iniciariam na inteligência matemática, não aprenderiam a amá-la e jamais se tornariam capazes de aplicá-la.⁶⁷

Segundo Comte, o princípio lógico é limitado, reduzido à intuição, pensamento predominantemente individual. Os geômetras apresentam diversas resistências e interesses correspondentes. Para ele o público que não quer ser geômetra, astrônomo ou químico, carece das ciências fundamentais que estariam reduzidas às noções essenciais, pois há necessidade de universalidade das inteligências.⁶⁸

Diante dessas ideias, temos Poincaré focado em uma geometria que depende do entendimento e dos corpos físicos que se relacionam com a experiência sensível. Ele questiona o valor da intuição nos experimentos de Einstein, que por sua vez, rebate comentando que a teoria física liga-se tanto ao intelecto quanto à experiência sensível.⁶⁹

Sobre a relatividade, Langevin fala da geometria euclidiana e de outras geometrias para compreender os postulados:

“Nesse domínio, a teoria e a experiência levam à conclusão de que a geometria ordinária ou euclidiana não é a única possível nem a melhor adaptada à representação do mundo exterior, de que existem outras geometrias, na realidade mais simples, apesar das aparências, que lhe são muito superiores.”⁷⁰

Observamos nessa discussão, e nas outras citadas aqui, as diferentes formas de pensamento entre os grupos de matemáticos, que se pode estender para outras especialidades, como os físicos e os

⁶⁷ Poincaré, *O valor da ciência*, 20.

⁶⁸ Comte, *Discurso sobre o espírito positivo*, 76-81.

⁶⁹ Paty. “Introdução a três textos de Einstein sobre a geometria, a teoria física e a experiência”, 647-655.

⁷⁰ Langevin, *Pensamento e ação*, 170.

químicos. Na comissão de ensino, esses mesmos cientistas discutiam suas ideias, debatendo como o ensino de ciências deveria ser abordado nas escolas, se através do método intuitivo ou lógico, se através de observação e experimentação, para serem capazes de estabelecer leis e teorias.

No fim do século XIX e começo do século XX encontramos documentos do *Circle Parisien de la Ligue de l'Enseignement*, fundado por Jean Macé, presidente da Liga e o secretário geral, Emmanuel Vauchez, em Paris. Através de circulares, essa Liga tinha por objetivo provocar na França a iniciativa individual em favor do desenvolvimento da instrução popular, a propagação da instrução primária, principalmente nas comunidades rurais, contribuindo para a abertura de escolas, de cursos gratuitos, de conferências e favorecendo a criação de bibliotecas populares. A Liga não fazia parte de nenhum partido e de nenhuma religião. Faziam parte dessa Liga as sociedades de instrução popular. A cada ano realizava-se um congresso, composto de delegados das sociedades da Liga, em diferentes lugares designados pelo conselho geral. Essa comissão era favorável à instrução primária obrigatória, gratuita e laica para os dois sexos, assunto muito discutido na época.

Observamos nesse período, várias comissões que se reuniam em diferentes partes da França para discutir as reformas de ensino ocorridas nesse período. Faziam parte dessas comissões Berthelot e depois Langevin, na década de 1920.

No começo do século XX observam-se debates e publicações sobre a importância do ensino de ciências experimentais nas escolas. Esse tipo de ensino na educação primária desenvolve na criança o espírito de observação e julgamento. Os documentos citam os trabalhos de Friedrich Wilhelm August Fröbel (1782-1852) e Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827) referentes ao ensino de ciências nas escolas alemãs. Há citações dos trabalhos empregados em escolas americanas,

porém os autores comentam que o ensino de ciências nessas escolas, que envolve as práticas de laboratório, é destinado às crianças ricas.

Pode-se assim afirmar que a reforma de 1902 pretendia mudar o ensino tradicional clássico e inserir nos currículos das escolas francesas matérias importantes ao desenvolvimento intelectual das crianças e essenciais para o progresso da humanidade, como é o caso do estudo das ciências por vias práticas, desde o ensino primário até o superior, desenvolvendo assim o espírito de observação e julgamento das crianças. Pretendia-se investir na educação diante de um cenário de desenvolvimento industrial e pesquisas científicas.

Para Berthelot, as descobertas positivas das ciências físicas, matemáticas e naturais eram importantes para o comércio e a indústria.⁷¹ Dessa forma temos, no final do século XIX, um ensino voltado ao caráter utilitário, focado na preparação profissional, atendendo às necessidades imediatas da sociedade, mas não agradava os cientistas que acreditavam na necessidade de um ensino que abordasse o conhecimento de forma mais abrangente.

Paul Langevin concordava com essas ideias, como podemos observar no trecho abaixo:

“O exame dos programas dos liceus e colégios mostra-nos que se orientam quase exclusivamente para o conhecimento dos fatos e das leis.... Os conhecimentos atuais são aí apresentados de forma dogmática: aprendem-se leis, as fórmulas que as traduzem, o seu manuseamento. Tudo isto com vista a aplicá-las mais tarde ao exercício desta ou daquela profissão, por exemplo, a do engenheiro....o ensino primário que deve formar a criança entre

⁷¹ Berthelot, *Science et morale*, 109.

os 8 e 12 anos, prepará-la para toda vida, é particularmente utilitário e, por conseguinte, dogmático.”⁷²

Sabemos que Paul Langevin foi influenciado pelas ideias de Berthelot. Focalizava as teorias, combinando sentidos físicos à intuição dos fenômenos. Seus experimentos eram seguidos por observações, até chegar às teorias. Usava cálculos matemáticos, encontrando os resultados para a eletrodinâmica e a energia liberada pelo sol e pelas estrelas.⁷³ Paul Langevin dá importância ao raciocínio estatístico e ao cálculo de probabilidades entre as leis elementares e as observações.⁷⁴

Portanto, Paul Langevin tinha como método a observação dos fenômenos físicos, recorrendo à intuição, para chegar às leis e às teorias. Ideias propostas por Berthelot, como veremos mais adiante.

A ideia de Henri Poincaré sobre a reforma de ensino de 1902 era difundida através de artigos e conferências. Henri Poincaré era primo dos irmãos Lucien Poincaré, inspetor geral de instrução pública e responsável em aplicar as decisões da comissão de revisão dos programas de ciências e Raymond Poincaré, membro da comissão de ensino da reforma de 1902. Mesmo não participando diretamente da reforma de ensino de 1902, observamos que teve participação indireta, através do contato com os primos. Em 1904, Henri Poincaré e Lucien Poincaré apresentaram uma conferência no *Musée Pédagogique*, em Paris, indicando-nos essa ligação e compartilhamento das mesmas ideias.

Na conferência, Henri Poincaré fala da necessidade de introduzir os elementos intuitivos no ensino das matemáticas e adaptar as necessidades da vida moderna, aproximando-as do concreto.⁷⁵ Comenta

⁷² Langevin, *Pensamento e ação*, 168.

⁷³ Paty, “Paul Langevin (1872-1946), La relativité et les quantas”, 6.

⁷⁴ *Ibid.*, 11.

⁷⁵ Rollet, “Henri Poincaré et la vulgarisation scientifique”, 77-78.

que o ensino de aritmética privilegiava o concreto, dando como exemplo o conceito de adição que deveria ser ensinado através do concreto. Na geometria deu como exemplo a definição da linha reta, partindo da régua de madeira, do círculo, usando o compasso. Na mecânica cita as experiências vulgares que os alunos fazem todos os dias e a importância de executar experiências simples e bem escolhidas pelo professor.⁷⁶

Poincaré era contra a reforma de ensino de George Leygues. Na sua obra *La logique et l'intuition dans la science mathématique et dans l'enseignement*, relata a importância de desenvolver certas faculdades do espírito através da intuição:

“Hoje se rejeitam todos os elementos empíricos, só se conservam os elementos a priori; toma-se uma das propriedades por definição e se deduz todas as outras por um raciocínio rigoroso. Resta mostrar que a propriedade que serve de definição pertence aos objetos reais, que nós conhecemos pela experiência, e de onde nós deduzimos uma vez a noção intuitiva pela generalização inconsciente.”⁷⁷

Poincaré comenta sobre a importância da história da ciência no ensino das ciências, com o intuito de apresentar às crianças as trajetórias vividas por seus pais, estudando rapidamente algumas etapas e suprimindo outras.⁷⁸

Dessa forma, o debate sobre o ensino francês no começo do século XX não está restrito ao conteúdo, mas enfoca também o modo de ensinar as crianças e jovens, para que possam desenvolver o espírito de investigação e compreensão dos fatos.

⁷⁶ Rollet, “Henri Poincaré et la vulgarisation scientifique”, 78.

⁷⁷ Poincaré, *La logique et l'intuition dans la science mathématique et dans l'enseignement*, 158. <http://www.univ-nancy2.fr/poincare/bhp/pdf/hp1899ema.pdf> (acessado em 29 de outubro de 2013).

⁷⁸ *Ibid.*, 158.

No próximo capítulo vamos abordar como essa proposta de ensino, em especial o ensino de ciências, era trabalhada na Cooperativa de Ensino de Mme. Curie, nos cursos de física dado por ela na *Sorbonne* e nos seus livros de física. Vamos analisar também como foi o trabalho dos cientistas e professores nessa Cooperativa.

CAPÍTULO 2

A sala de aula na Cooperativa de Mme Curie

Neste capítulo analisaremos algumas aulas ministradas pelos cientistas e professores envolvidos na Cooperativa de Ensino e a relação entre o ensino proposto na cooperativa e o modelo discutido nas reuniões sobre o sistema de ensino francês. Analisaremos também o método utilizado por Mme Curie nas aulas na cooperativa, nas aulas na universidade e nas sugestões de atividades dos livros de física escritos pela cientista.

Mme Curie (1867-1934) é conhecida pelos trabalhos referentes à radioatividade. Ganhou dois prêmios Nobel, o primeiro em 1903, de física juntamente com Pierre Curie e Antoine Henri Becquerel pela descoberta da radioatividade, o segundo em 1911, quando recebeu o prêmio Nobel em química, pela descoberta dos elementos químicos polônio e rádio. Sobre os trabalhos de laboratório da cientista há vários estudos, assim como manuscritos, originais depositados na *Bibliothèque Nationale* e no *Institute Curie* em Paris.⁷⁹

Entre 1907 e 1908, Mme Curie participou, juntamente com outros cientistas importantes, de uma Cooperativa de Ensino. Cada um ficou responsável por uma disciplina: Mme Curie lecionou física, Jean Baptiste Perrin (1870-1942) foi o professor de química; Paul Langevin (1872-1946), professor de geometria e cálculo; Alice Chavannes ensinava inglês e alemão; Henriette Perrin foi a responsável pelas aulas de história francesa; Jean Magrou foi o professor de modelagem e Henri Mouton ensinava ciências naturais.⁸⁰

⁷⁹ Na *Bibliothèque Nationale* encontramos os documentos referentes aos trabalhos de Mme Curie em microfiches, alguns para consulta e disponíveis na *Gallica*, outros só disponíveis no local e há manuscritos isolados em containers devido à radioatividade, ainda não disponíveis para consulta. No *Institute Curie*, os documentos estão dispostos em pastas, por temas e datas.

⁸⁰ Curie, *Irène Curie, Institut Curie*, I. 43.

No livro *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, Mme Curie comenta a respeito da cooperativa e faz sua avaliação, como segue:

“Com um grupo de amigos universitários que compartilhavam minhas opiniões, criamos um tipo de escola para nossas crianças. Cada um de nós se encarregava de ensinar uma disciplina ao grupo de crianças. ... as crianças tinham idades diversificadas. No entanto, a nossa breve experiência revelou-se muito interessante. Pois, com um número limitado de lições, nós conseguimos construir um programa científico e literário satisfatório. Os cursos de ciências acompanhavam trabalhos práticos, aumentando o interesse das crianças.”⁸¹

Os professores atendiam um grupo de aproximadamente dez alunos. Essas crianças, com idade entre 7 a 13 anos, eram filhos dos próprios professores ou filhos de seus amigos. Entre os estudantes que frequentaram a cooperativa nesse período temos: Aline e Francis Perrin, Irène Curie, Jean e André Langevin, Pierre, Etienne e Mathieu Hadamard, Paul Magrou, André-Mouton, Marguerite e Isabelle Chavannes e Pierre Brucker. Eles tinham aulas diárias, nas universidades e nos laboratórios, onde esses cientistas trabalhavam. Outros espaços também eram utilizados para as aulas: as casas dos professores, os museus e as ruas dos bairros de Paris. Essa Cooperativa de Ensino foi aberta cinco anos após a reforma de 1902 e reflete a preocupação desses professores com a qualidade do ensino nas escolas francesas.

⁸¹ Curie, *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, 36. O mesmo fragmento está disponível em “The history my life”, Marie Curie. *The Delineator*, (jan a mar, 1922). Essa história era publicada uma vez por mês na revista.

Em um manuscrito de Irène Curie, que encontramos nos arquivos do *Institut Curie*, há anotações referentes às atividades da cooperativa, com nomes dos professores, das disciplinas e dos locais dos cursos. Entre os registros desse manuscrito encontramos referência às aulas em que Langevin ensinava a construir sólidos em cartões. Outro trecho do manuscrito refere-se às aulas de física de Mme Curie no laboratório da *École Municipale de Physique et Chimie* e, de acordo com esses registros, a própria Mme Curie também ensinava álgebra a Isabelle Chavannes e Irène Curie. Os conteúdos programados incluíam: fabricação de um termômetro a álcool, condutibilidade de materiais, queda de corpos: parábolas traçadas em um plano inclinado. Perrin recebia as crianças no laboratório da *Sorbonne* para atividades práticas, como estudo dos ácidos. Mme Perrin levava as crianças aos museus para analisar imagens ou documentos históricos e Mme Chavannes ensinava canções em alemão.⁸² Seguem as anotações de Irène Curie encontradas no *Institut Curie*.

Langevin	geometrie calcul	sólidos construídos em cartões
M ^{me} Curie	physique École phys et chimie	construire un thermomètre à alcool Le mouvement de la glace conduite de la lumière chute des corps: paraboles traçées sur plan incliné
M ^{me} Perrin	Chimie La Sorbonne	on faisait goûter les acides
M ^{me} Perrin	Histoire Française	vous on disait dans musées voir portraits ou documents historiques
M ^{me} Chavannes	le français allemand	chansons en allemand
M ^{me} Monnet	sciences nat	
M ^{me} Magnan	modélage	
M ^{me}	algèbre à Isabelle et moi, physique	

Fig. 1 – Manuscrito de Irène Curie: Professores e disciplinas na Cooperativa de Ensino. *Archives de Irène Curie: Fortune d'Irène en fonction des jours depuis le décembre 1908. Institut Curie (1908).*

⁸² Curie, *Archives de Irène Curie: Fortune d'Irène en fonction des jours depuis le décembre 1908. Museu Curie, I. 43, desde 2 dez. de 1908.* Notas de aula.

Recentemente foi encontrado pela neta e pelo sobrinho-neto do casal Curie, H el ene Langevin-Joliot e R emi Langevin, um manuscrito das aulas de Mme Curie com anota es de uma aluna da cooperativa, Isabelle Chavannes, na época, com treze anos de idade, sendo a mais velha da turma. Esse manuscrito mostra-nos uma aluna muito detalhista em suas anota es, com o registro dos conteúdos e do método de ensino da cientista no decorrer do ano de 1907.   o relato de uma sequência de experimentos.⁸³

Os registros iniciam com a aula de 27 de janeiro de 1907. Observa-se no manuscrito os detalhes das aulas, inclusive com os questionamentos da cientista. Antes de iniciar um experimento Mme Curie questiona às crianças: “O que há   lá dentro?” (da garrafa), “O que acontece?”, “O que vai acontecer com a tampa?”, “... qual será a mais pesada?”.⁸⁴ A cientista interroga a cada etapa do experimento. Um dos alunos realiza a tarefa solicitada. Quando a criança abre a garrafa dentro da  gua, Mme Curie exemplifica através de uma situa o do cotidiano.

Observamos que Mme Curie parte de conceitos básicos, previamente conhecidos e, através de experimentos, constrói novos conhecimentos associados   realidade das crianças.

Como veremos neste estudo, nas aulas da cooperativa, nos cursos de física ministrados na universidade e nos livros publicados, Mme Curie revelou-nos o que considerava ser importante no ensino de ciências. Podemos observar em seus cursos e livros, defini es de conceitos, exemplos cotidianos, momentos históricos, esquemas de aparelhagens, experimentos, gráficos e c culos matemáticos que serão tratados aqui, neste capítulo, começando com a cooperativa.

Nos manuscritos de Isabelle Chavannes encontramos algumas etapas consideradas importantes por Mme Curie em suas aulas. No

⁸³ Chavannes, *Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes*. Tradu o de Waldyr Muniz Oliva, 2007.

⁸⁴ *Ibid.*, 27-28.

laboratório da *École Municipale de Physique et Chimie*, a cientista realizava as experiências, explicando cada etapa e cada aparelho utilizado:

“...Aqui temos um aparelho que se chama *trompa de água*, que serve para aspirar ar e por consequência produzir *vácuo*. Este aparelho se compõe de dois tubos de vidro *a* e *b*, sobrepostos mas não completamente unidos pelas suas extremidades alongadas. Estes tubos estão presos em um cilindro de vidro que se comunica por um canal *c* com o recipiente onde se pretende produzir vácuo. Indo do tubo *a* para dentro do tubo *b*, uma forte corrente de água leva em parte o ar que está no cilindro que segura os dois tubos.”⁸⁵

Em outro momento da aula: “... Vocês sabem o que é uma torneira? É um cano que se abre ou que se fecha à vontade.”⁸⁶ Partes da aparelhagem eram desenhadas detalhadamente e explicadas às crianças que as manuseavam para verificar o fenômeno.

Durante os questionamentos, Mme Curie inseria alguns conceitos: “Este quarto comunica-se com o exterior pelas portas e janelas; a pressão do ar que ele contém é a mesma que a pressão do ar no exterior. Esta pressão é o que se chama a *pressão atmosférica*.”⁸⁷

A cientista acrescenta em suas aulas exemplos cotidianos conhecidos pelas crianças: “Como se enche um pneu de bicicleta? Fazendo entrar ar neste pneu. Pela chegada de uma nova quantidade de

⁸⁵ Chavannes, *Aulas de Marie Curie*, 32.

⁸⁶ *Ibid.*, 34.

⁸⁷ *Ibid.*, 42.

ar, a pressão do ar que está na câmara torna-se maior, e o pneu enche.”⁸⁸ Ou ainda:

“Aqui está um grande reservatório de água. Este reservatório comunica-se com um vaso por um tubo. Se o vaso estiver mais elevado que o reservatório, nada acontece; se ele estiver menos elevado, pela extremidade do tubo sai um jato de água que escoar no vaso. É assim que a água chega em nossas casas. Ela é trazida por uma tubulação que vem de um reservatório situado mais acima do que nossas casas. Para um apartamento no sexto andar é preciso que a água venha de um reservatório mais alto do que o sexto andar do prédio.”⁸⁹

Em meio aos experimentos Mme Curie pesa diferentes materiais, calcula suas densidades, juntamente com as crianças e expõem em uma tabela, os valores encontrados para cada material:

“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 83. Nós pesamos e encontramos 164,5 gramas, logo uma densidade igual a: $164,5 : 83 = 1,98$.”⁹⁰

⁸⁸ Chavannes, *Aulas de Marie Curie*, 42.

⁸⁹ *Ibid.*, 68.

⁹⁰ *Ibid.*, 98.

Observamos na prática a aplicação do método experimental, assim chamado por Mme Curie, nas aulas da cooperativa, através de experimentos, a cientista definia alguns conceitos, exemplificava usando fatos do cotidiano, esquematizava todas as etapas do experimento, realizava cálculos matemáticos com as crianças e construía tabelas. O trabalho não se restringia só na observação, focava na elaboração de conceitos e de uma teoria consistente.

Sabemos que Mme Curie leu na sua juventude obras de Auguste Comte, entre os poucos livros que chegaram as suas mãos, na época em que era preceptora no interior da Polônia. Na biografia de Mme Curie, escrita pela filha Ève Curie, há citações de ideias positivistas presentes nas falas da cientista. Acreditamos que os cientistas e professores envolvidos na cooperativa compartilhavam, pelo menos em parte, dos mesmos ideais. Observamos que em suas aulas, tanto na cooperativa como na *Sorbonne*, Mme Curie combina o raciocínio e a observação. Com os questionamentos realizados durante os experimentos e a análise dos resultados, a cientista levava as crianças ao desenvolvimento intelectual, citado por Comte. Cabe aqui comentar que essas aulas vão além da observação, partem para o desenvolvimento, a construção e a síntese.⁹¹ O que concorda também com as ideias de Paul Langevin e Berthelot, como veremos no próximo capítulo.

Além de saber que aquelas aulas eram consideradas essenciais para o grupo de crianças que estavam no ensino primário, também fica claro que as escolas francesas tinham uma lacuna quanto a oferecer um ensino com a proposta de observar e desenvolver o raciocínio dos estudantes, principalmente quanto às línguas vivas e às especialidades das ciências com seus procedimentos próprios, como visto no capítulo anterior. Observamos na cooperativa de ensino a preocupação dos professores em exercitar a curiosidade das crianças em todas as

⁹¹ Langevin, *Pensamento e acção*, 109.

disciplinas. Procedimento essencial ao desenvolvimento completo do espírito, conforme o pensamento positivista. Berthelot comentou sobre a necessidade de desenvolver a inteligência do homem através do conhecimento das leis, do conhecimento científico, preparando-os para suas carreiras e para as profissões úteis à sociedade.

“É em nosso tempo que esta aliança (a ciência e suas aplicações) tomou seu pleno desenvolvimento: o século XIX proclamou o domínio da inteligência, inclinando-se na observação e experimentação, e este domínio se tornará mais completo no próximo século.”⁹²

Nos registros de Chavannes, que a cientista faz os esquemas das aparelhagens utilizadas, explica cada etapa do procedimento, além de realizar os cálculos com as crianças. Observa-se também a importância dada ao método utilizado em suas aulas, envolvendo teoria, observação e experimentação. O procedimento inicia-se com o levantamento de hipóteses, seguido de observações, experimentação, cálculos, constatação e termina sempre com o estudo das leis que regem determinado fenômeno. Essas etapas estão presentes em todas as aulas. Mais tarde, verifica-se a preocupação de Irène Curie com os cálculos físicos e matemáticos, citados em cartas enviadas à mãe. Nessas cartas trocadas entre Mme Curie e as filhas Irène e Ève Curie, em 1912, encontramos citações de Isabelle e André Chavannes, irmãos e alunos da cooperativa, referentes à espera de um resultado do exame de física por Isabelle Chavannes.⁹³

Constata-se nessas cartas a importância dada ao conhecimento nas áreas de ciências, o esforço para acelerar os estudos e a preocupação em passar nos testes da época e prosseguir seus estudos nas universidades. Nas cartas de Irène Curie a Mme Curie, de 1914 a

⁹² Berthelot, *Science et éducation*, 362.

⁹³ Curie, *Marie [et] Irène Curie, correspondance: choix de lettres (1905-1934)*, 54.

1918, a estudante demonstra preocupações com as matérias de física e matemática. Há várias citações sobre resolução de cálculos matemáticos, cálculos de energia cinética, equações diferenciais, hidrostática, método dos eixos e teoremas elementares. Provavelmente, as meninas se preparavam para a prova de admissão exigida pelas universidades de Paris, o *Baccalauréat*, o qual, como já comentado no capítulo 1, foi muito discutido na reforma de 1902.

Sobre o método seguido por Mme Curie nas aulas dadas na Cooperativa de Ensino podemos dizer que não se tratava de uma novidade para a época, pois encontramos no começo do século XIX, Jane Haldimand Marcet (1769-1858) que em seus livros sugeria aulas de ciências com uma metodologia semelhante. Jane Marcet era casada com o químico e médico suíço, Alexander John Gaspard Marcet (1770-1822) que era professor no *Hospital de Guy*, escola de medicina, em Londres.⁹⁴ A escritora e educadora Jane Marcet escreveu uma coleção de livros intitulada “Conversations”, que segue uma série de diálogos entre as crianças e a professora diante de vários temas, principalmente de Química, com o objetivo de divulgar a ciência através de um novo método de ensino. Esses livros apresentam diversos assuntos que levavam ao conhecimento científico.⁹⁵ Dentre as obras destacamos algumas, como *Conversations on Chemistry* (1805), *Conversations on Political Economy* (1816), *Conversations on Natural Philosophy* (1819), *Conversations on Language* (1844) e *Scenes in Nature; or Conversation for children, on land and water* (1840).⁹⁶

No prefácio do livro *Conversations on Chemistry*, fica claro que se trata de uma obra destinada às jovens mulheres da época que não tinham acesso aos conteúdos nas escolas. Segundo o que foi

⁹⁴ André, “As conversas de Jane”, 5.

⁹⁵ Trindade, “História da ciência na sala de aula: Conversando sobre química”, 17-18.

⁹⁶ Sobre o estudo bibliográfico da obra *Conversation on Chemistry* e a importância da divulgação das teorias químicas entre as mulheres, há um trabalho de J. Camacho, da *Universidad de Chile*, “Aportes de Jane Marcet a la divulgación y educación química del S. XIX”, apresentado na IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, Águas de Lindóia, São Paulo, 2013.

apresentado no prefácio, esses diálogos levariam as jovens a familiarizar-se com os princípios da ciência e, conseqüentemente, ao interesse pela Química. Os experimentos com ilustrações bem elaboradas distribuídas no decorrer dos diálogos atraem a atenção e servem para explicar as teorias.⁹⁷

Podemos observar alguns comentários referentes ao ensino dessa época, que não era destinado a preparar as mentes para ideias abstratas e para linguagem científica. No começo do século XIX, poucas mulheres tinham acesso ao ensino de ciências.⁹⁸ Elas frequentavam os cursos de costura ou outras atividades destinadas às mulheres. O ensino de ciências era dogmático e a transmissão de conteúdos era feita do professor para o aluno.⁹⁹

Os livros de Jane Marcet eram inovadores, diferenciando-se dos demais livros didáticos, utilizando o recurso do diálogo entre a professora e seus alunos, além de explicações, experimentos e ilustrações, que remetiam aos estudos de fenômenos da natureza, não distante da realidade das crianças. Esses livros tinham como objetivo encorajar as mulheres a frequentar as instituições públicas. Os conteúdos e a linguagem científica utilizada facilitavam a compreensão, além de encorajá-las a interessar-se por áreas de ciências.¹⁰⁰ Esse tipo de gênero permitiu que muitas mulheres seguissem a carreira científica na segunda metade do século XIX.¹⁰¹

Os dois volumes dos livros *Conversations on Chemistry* apresentam o diálogo entre a professora B. e duas crianças, Caroline e Emily. A professora explica o conteúdo de Química através de uma linguagem acessível às crianças, com definições de conceitos, esquemas

⁹⁷ Marcet, *Conversations on Chemistry*, VI.

⁹⁸ *Ibid.*, VII.

⁹⁹ Baldinato, “Jane Marcet e Conversation on Chemistry: Divulgando a Química no início do século XIX”, 3-4.

¹⁰⁰ Marcet, *Conversations on Chemistry*, IX.

¹⁰¹ Rosenfeld, “The Chemical work of Alexander and Jane Marcet”, 791.

de aparelhagens, experimentos acessíveis, momentos históricos e tabelas químicas.

O mesmo pode ser observado no livro *Scenes in Nature; or Convertation for children, on land and water*, o diálogo entre a mãe Mrs. B. e os filhos Edward, William, Sophy e Caroline, com imagens interessantes, mostrando os fenômenos da natureza.

O diálogo entre a professora e as crianças ou a mãe e os filhos, mesmo sendo cenas imaginárias expostas em um livro de Química, foi considerado novidade no começo do século XIX. A metodologia utilizada por Mme Curie segue um caminho semelhante. Podemos considerar essa proposta de trabalho importante para o começo do século XX, quando professores, cientistas e políticos discutiam sobre o ensino científico nas escolas secundárias francesas, como comentado anteriormente, bem como a importância dada às aulas de ciências envolvendo a observação e a experimentação, entrelaçados aos sentimentos e ao raciocínio, como citado por Berthelot: “Seguindo os seus sentimentos e seus pensamentos criativos, as consequências das imaginações e dos símbolos por meio dos quais figurou os fatos e as leis... .”¹⁰²

A importância desse trabalho de Jane Marcet pode ser avaliada por um fato curioso que aconteceu vinte e um anos após a publicação do seu livro. Em 1826, Ambroise Tardieu (1788-1841), um cartógrafo e gravador francês, publicou o livro *Entretiens sur la chimie, d'après les méthodes de MM Thénard e Davy*. O livro é quase uma cópia dos diálogos utilizados na obra de Jane Marcet, a não ser pela mudança dos nomes dos personagens e de alguns acréscimos de informações durante os diálogos entre a professora e as crianças. No livro de Tardieu a professora chama-se Mme Beaumont, o mesmo nome da esposa de um amigo, Elie de Beaumont (1798-1874), geólogo francês e que

¹⁰² Berthelot, *Science et morale*, 15.

provavelmente o influenciou nos comentários adicionais da conversa entre a professora e as crianças. Ambroise Tardieu, além de elaborar alguns mapas, escreveu também *Entreins sur la minéralogie d'après la méthode du célèbre Haiüy*, em 1825, e *Delvalle Lowry's conversations on mineralogy*, primeira edição em 1822, Londres.

Mesmo sendo uma cópia da obra de Marcet, como citam os autores Dreifuss e Sigrist¹⁰³, a obra de Tardieu revela-nos a importância atribuída ao método para que pudesse ser aplicado no ensino de ciências na França. Outro ponto, também destacado na obra de Tardieu, é a necessidade de trabalhar as descobertas dos cientistas com as crianças e a consequente utilidade da ciência para a sociedade. Na primeira metade do século XIX temos essa discussão quanto ao ensino voltado à observação de fenômenos e a prática, necessárias aos cursos de medicina, farmácia e mineralogia.¹⁰⁴

Ao analisar a quantidade de cópias vendidas da obra de Marcet em Londres e nos Estados Unidos, temos uma ideia da importância atribuída a esse trabalho. Os livros *Conversations on Chemistry* teve 16 edições na Inglaterra, traduzidos para o francês e alemão e 23 edições nos Estados Unidos, de 1806 a 1850, com aproximadamente 160.000 cópias de todas as edições.¹⁰⁵ Assim Mme Curie provavelmente colocou em prática na Cooperativa de Ensino uma metodologia já conhecida por ingleses, americanos e franceses.

Observamos, na cooperativa, a preocupação em aplicar metodologias mais estimulantes como aulas de línguas modernas, inglês e alemão, através de poemas e canções. A matemática era parte essencial nas aulas desses professores, para chegar à fórmula ou provar determinado fenômeno. Eles não abandonam a teoria, suas aulas eram carregadas de conteúdos, essenciais para compreensão da realidade.

¹⁰³ Dreifuss & Sigrist, “Les conversations sur la chimie (1806) de Jane et Alexandre Marcet”.

¹⁰⁴ Dolan, “The language of experiment in chemical textbooks. Some examples from early nineteenth-century”, 151.

¹⁰⁵ Rosenfeld, “The Chemical work of Alexander and Jane Marcet”, 790.

Podemos observar essa preocupação na carta de 24 de julho de 1914 à Mme Curie, em que Irène fala dos estudos da irmã e se preocupa pelo fato dela não fazer os cálculos de aritmética solicitados na escola e explica à mãe que o cálculo será importante no cotidiano da irmã quando a fantasia de criança passar. Ève Curie se dedicava mais a outras atividades, como a língua alemã, do que aos cálculos matemáticos.¹⁰⁶ Sabemos que Ève Curie tornou-se escritora e um de seus trabalhos foi a famosa biografia *Madame Curie*, publicada em 1937.

Nos arquivos de Irène Curie, depositados no *Institut Curie*, em Paris, há anotações referentes ao curso de Mme Curie, entre 1918 e 1919, provavelmente ministrado na *Sorbonne*. Observa-se que a cientista inicia suas aulas com alguns conceitos como, por exemplo, os envolvidos no uso do eletroscópio.¹⁰⁷ No mesmo manuscrito, há um trecho sobre a história da radioatividade. O texto inicia citando Becquerel que, em 1896, descobriria os raios urânicos a partir dos estudos dos corpos fluorescentes que emitem raios, constatando que a emissão de raios é ligada aos átomos de Urânio e Tório. Segue relatando, nessa breve história, que Mme Curie fez estudos quantitativos demonstrando que a pechblenda contém corpos mais ativos que o Urânio.¹⁰⁸ Irène Curie registra os nomes dos cientistas envolvidos na descoberta da radioatividade: Becquerel e Mme Curie.

Esses manuscritos foram elaborados em 1918, onze anos após as primeiras aulas de Mme Curie na Cooperativa de Ensino, porém nos revelam a coerência com os trabalhos anteriores e a importância dada pela cientista em definir conceitos físicos importantes para a aula, exemplificar com cenas do cotidiano. Há ainda citações de momentos históricos nos cursos dados por ela, além de esquemas de aparelhagens e experimentos, gráficos e cálculos matemáticos.

¹⁰⁶ Curie, Marie [et] Irène Curie *Correspondance: Choix de lettres (1905-1934)*. Apresentação por Gilette Ziegler.

¹⁰⁷ Curie, *Archives Irène Curie, Institut Curie*, I. 38.

¹⁰⁸ *Ibid.*, I. 38.

Mme Curie produziu um livro de física, *Traité de radioactivité*, 1910, com dois volumes, destinado aos cursos superiores. Esses volumes são importantes para os nossos estudos para compreendermos o que ela acreditava ser essencial ao ensino, considerando as sequências das aulas que ministrava na faculdade e o método de trabalho sugerido nesse livro.

Após seus estudos sobre a radioatividade e os elementos radioativos rádio e polônio, em 1903 Mme Curie apresentou sua tese de doutorado em Ciências Físicas à *Faculté des Sciences* de Paris, intitulada *Recherches sur les nouvelles substances radioactives* diante da comissão de exames, formada pelo Presidente Professor Lippmann e pelos examinadores Professores Bouty e Moissan, como podemos observar na Figura 4. A tese foi impressa pela editora Gauthier-Villars. Em 1904, a mesma editora publicou a segunda edição.

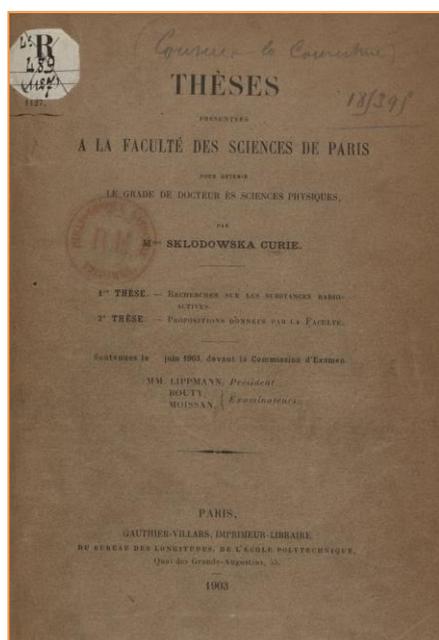


Fig. 4. Tese de Mme Curie apresentada à Comissão em 1903.

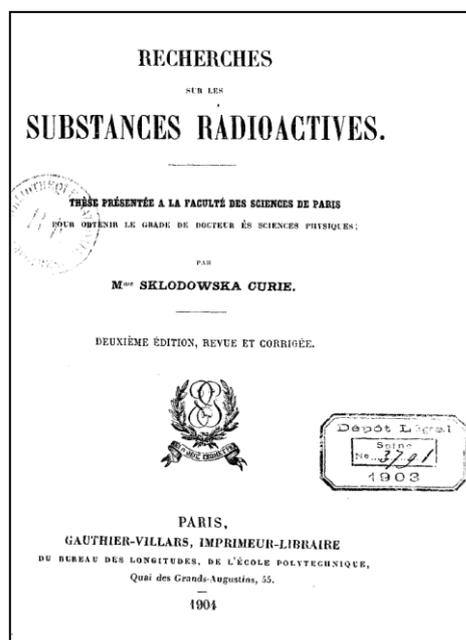


Fig. 5. *Recherches sur les Substances Radioactives*, segunda edição publicada em 1904.

No livro *Traité de Radioactivité*, de Mme Curie, de 1910, volumes 1 e 2, observa-se a preocupação com conceitos, cálculos, esquemas de experimentos e com a história dos trabalhos de alguns cientistas, como os estudos de Lenard, que provaram o transporte de carga dos raios catódicos, através de uma tela fina de alumínio.¹⁰⁹ Mme Curie registrou nesses manuscritos suas aulas de física, provavelmente com os mesmos temas tratados em seus cursos de Física na *Sorbonne*. O primeiro capítulo do volume 1, aborda o tema “Íons e elétrons”, divididos em 23 subtemas: condutibilidade do gás; equações fundamentais: ionização uniforme, produção e recombinação, ação do campo elétrico, distribuição do potencial e do campo elétrico, ionização superficial, condensação do vapor de água sobre os íons, cargas dos íons, difusão dos íons, carga elementar, raios catódicos, criação do campo magnético e do campo elétrico sobre os raios catódicos, elétrons, raios positivos, Raios Röntgen, campo eletromagnético produzido por uma partícula carregada, inércia e massa eletromagnética, raio de energia de um elétron submetido a uma aceleração, procedimento de estudo e de medida da radioatividade, métodos de observação.

O segundo volume desta mesma edição, Mme Curie dedicou ao estudo da radioatividade. Distribuídos entre os capítulos IX e XVII, os temas tratados são: Natureza das radiações, Raios γ , Diversos fenômenos observados em presença dos corpos radioativos, Liberação de calor pelas substâncias radioativas, Rádio e sua família – polônio, tório e sua família, Actínio e sua família, Minerais radioativos – Produção do rádio, Radioatividade do sol e da atmosfera, Tabela numérica e fotos.

Nota-se nessa edição que os temas foram divididos em subtemas. Mas já na edição de 1935, intitulada *Radioactivité*, os temas estão distribuídos em capítulos, contendo mais informações, provavelmente devido aos novos estudos desenvolvidos até esta época e à necessidade

¹⁰⁹ Curie, *Traité de Radioactivité*, 4.

de citá-los nessa edição atualizada. Também podemos notar a sequência histórica adotada, incluindo os nomes dos cientistas envolvidos, até os estudos sobre a Radioatividade.

No livro *Radioactivité*, de 1935, tomo 1, há um prefácio escrito por Irène Joliot-Curie e Jean Frédéric Joliot-Curie, comentando que o manuscrito que Mme Curie trabalhou por muitos anos foi concluído no momento da sua morte, mas esse livro é o mesmo que Mme Curie publicou em 1910. Na primeira parte do livro, os capítulos de I a VI são destinados aos íons, aos elétrons e aos raios X, com os temas descritos a seguir: Primeiro capítulo, ionização dos gases; Segundo capítulo, propriedades dos íons gasosos: elétrons; Terceiro capítulo, raios catódicos; Quarto capítulo, os raios positivos; Quinto capítulo, os raios X; Sexto capítulo, relação entre o elétron e o raio, teoria eletromagnética e teoria dos quantas.

Na segunda parte do livro estão os capítulos seguintes, sete a dezesseis, e são dedicados à descoberta da radioatividade e dos radioelementos; aos minerais radioativos e à extração dos radioelementos; às emanções radioativas; aos depósitos ativos; à teoria das transformações radioativas; aos raios α ; os raios β ; os raios γ ; às relações energéticas entre os raios γ e os raios α . Provavelmente, os últimos capítulos referentes às transformações radioativas e aos raios foram elaborados pelos cientistas Irène Joliot-Curie e Frédéric Joliot-Curie, filha e genro de Mme Curie.¹¹⁰

Nessa mesma edição de 1935, no tomo 2, os assuntos abordados são referentes aos efeitos produzidos pelos raios dos corpos radioativos, efeitos biológicos dos raios e aplicações na medicina, a transmutação dos átomos, criação artificial dos radioelementos, noções sobre a estrutura dos átomos, classificação dos elementos, família do urânio, do rádio, do actínio, do tório; acumulação dos radioelementos e dos

¹¹⁰ Curie, *Radioactivité*.

produtos de sua transformação nos minerais radioativos, a radioatividade na natureza, os laboratórios técnicos de radioatividade, além de gráficos e tabelas.

Analisando os tópicos desse livro, observamos assuntos pertinentes aos trabalhos de Irène Joliot-Curie e Frédéric Joliot-Curie, portanto, nessa edição de 1935, temos a colaboração dos dois cientistas e a necessidade de completar o livro com conceitos importantes para os cursos de física dados nas universidades. Verifica-se, ainda, a sequência de fatos históricos e conceitos, contendo gráficos e cálculos matemáticos. Há citações que foram consultadas nas obras de J. J. Thomson, Maurice Curie, Luis de Broglie, Rutherford, Meyer e Schweidler, K. W. Kohhaush e Leipzir, assim como artigos de conferências e coleção de memórias editadas pela *Société Française de Physique*.

Como já comentado anteriormente, os livros didáticos no começo do século XIX eram mais teóricos do que práticos. Os textos descreviam experiências e fenômenos da natureza, dirigidos a um grupo específico de leitores, como para os professores de faculdades, liceus e colégios. Os assuntos presentes nestes livros eram destinados aos estudantes que fariam o *Baccalauréat*. Os livros e manuais apresentavam conteúdos práticos focados nas aplicações das ciências nas indústrias.¹¹¹ Esses livros apresentavam um conteúdo enciclopédico, destinado a um público leitor mais amplo e longe de alcançar os objetivos das escolas.¹¹²

Em *Leçons élémentaires de chimie a l'usage des classes de l'enseignement secondaire*, 1903, Lugol apresenta os conteúdos de química de acordo com os programas oficiais de 31 de maio de 1902, que, segundo esse autor, expõe noções fundamentais de forma simples

¹¹¹ Belmar & Sánchez, "French chemistry textbooks, 1802-1852: new books for new readers and new teaching institution", 36-38.

¹¹² Dolan, "The language of experiment in chemical textbooks. Some examples from early nineteenth-century", 159.

e experiências fáceis de repetir sem aparelhos especiais.¹¹³ Porém observamos uma sequência de assuntos tratados nos livros de química do século XIX, contendo conceitos, cálculos e imagens de experimentos que não são tão simples de repetir, sendo possível apenas com o uso de aparelhagens específicas e em laboratório bem equipado, como podemos observar a imagem abaixo sobre a combustão do hidrogênio.

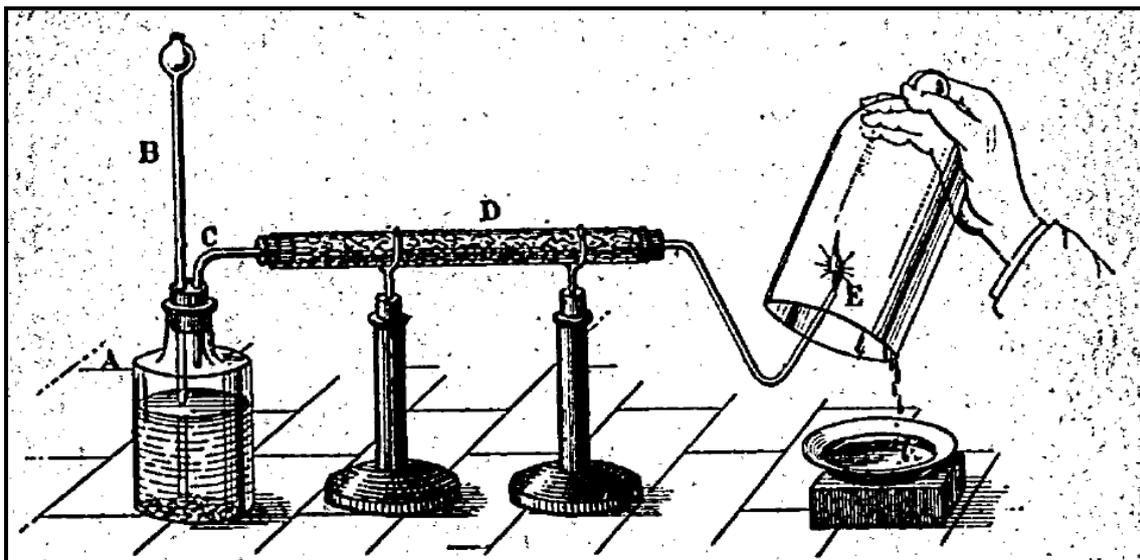


Fig. 6. Formação da água na combustão do hidrogênio, Lugol, 36.

Provavelmente esse experimento não era aplicado na prática, tendo como objetivo ilustrar os assuntos tratados.

Sobre os conteúdos presentes nos livros temos algumas críticas de autores. Dupin, em 1826, comentou que as verdadeiras matemáticas eram apresentadas nos livros dogmáticos em formas abstratas e difíceis. Segundo esse autor, não existia nenhum princípio matemático aplicado aos trabalhos das artes e, nem mesmo, em geometria e mecânica.¹¹⁴ No final do século XIX, com as reformas do ensino secundário, há comentários sobre as matérias a serem ensinadas, nenhuma deveria ser ensinada superficialmente, mas sim com amplitude, profundidade e previsão científica, dando importância às artes e à história da

¹¹³ Lugol, *Leçons élémentaires de chimie a l'usage des classes de l'enseignement secondaire*, Avertissement, 5.

¹¹⁴ Dupin, *Effets de l'enseignement populaire de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétique, de la géométrie et de la mécanique, appliquées aux arts, sur les prospérités de la France*, 3.

civilização.¹¹⁵ O periódico *L'Université*, de 2 de maio de 1884, traz considerações sobre as compras de livros clássicos e a modificação dos programas de ciências no sentido menos teórico, dando amplo lugar às aplicações.¹¹⁶ Entre 1901 e 1914, época da Primeira Guerra Mundial, as faculdades de ciências francesas entraram em período de crise, dessa forma observa-se o declínio de publicações e pesquisas. O Estado cortou financiamento às faculdades, conseqüentemente o número de livros e artigos publicados por cientistas e acadêmicos diminuiu.¹¹⁷

Paul Langevin em conferência de 1931, comentou que os programas de 1852 deram origem à bifurcação entre letras e ciências, especificando que o ensino de ciências seria dado com vista às aplicações. Comentava que dessa época até o momento que vivia nada mudou, as crises do ensino secundário estavam impregnadas de desconfiança em relação às ciências e da concepção utilitária "...deste modo a ciência, ainda tão jovem, ainda na infância, transformou-se num ancião cujo desenvolvimento parece ter cessado há muito e asfíxiado pelo peso dos serviços que prestou."¹¹⁸ Em outra conferência, em 1926, Paul Langevin critica os livros clássicos, afirmando que contêm só teorias ultrapassadas.¹¹⁹ O cientista novamente critica os manuais em 1931, na conferência dada no *Musée Pédagogique*, em Paris:

“Se passarmos ao exame dos manuais utilizados nesse ensino, somos obrigados a dar-nos conta de que se trata na realidade de catecismos de ciências, cujo caráter dogmático, enciclopédico e verbal é exageradamente dominante. Não nos apercebemos aí de qualquer preocupação

¹¹⁵ Boutmy, *Le Baccalauréat et l'enseignement secondaire 1899. Projets de réforme*, 63.

¹¹⁶ *L'Université*, “Journal des questions d'instructions publique. Bulletin de la société pour l'étude des questions d'enseignement secondaire”, 138

¹¹⁷ Day, “Science, applied science and higher education in France 1870-1945, na historiographical survey since the 1950s. Review essay”, 371-372.

¹¹⁸ Langevin, *Pensamento e ação*, 194-195.

¹¹⁹ *Ibid.*, 169.

verdadeira de explicação. Essa preocupação não se descortina, aliás, quer nas Instituições, quer nos programas...”¹²⁰

Ao analisar os livros didáticos destinados aos cursos de física e de química do final da década de 1890 encontramos conteúdos referentes à ótica, hidráulica, som e estudos referentes às densidades dos corpos e Princípio de Arquimedes. Os estudos sobre os raios aparecem nos livros no início do século XX. No livro *Leçons sur l'électricité: cours de sciences appliquées*, de Dumon, publicado em 1900, cita as pesquisas de Crookes, como destaca as figuras abaixo:¹²¹

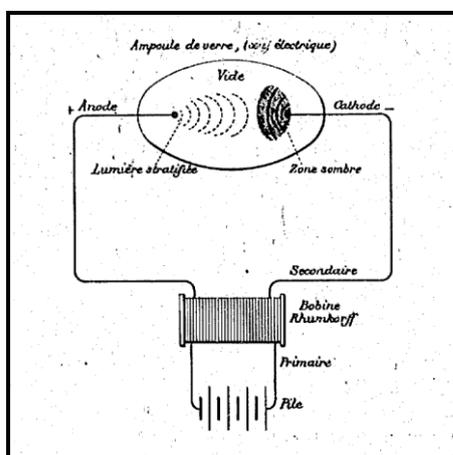


Fig. 7 - Radiômetro de Crookes.

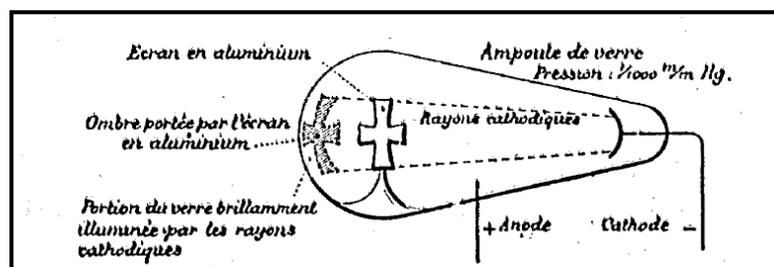


Fig. 8 - Raios Catódicos de Crookes (1879).

¹²⁰ Langevin, *Pensamento e acção*, 192-193.

¹²¹ Dumon, *Leçons sur l'électricité*, 434-435.

Após explicações sobre os estudos dos raios catódicos, cita outros cientistas envolvidos nas pesquisas, como os raios de Lénard, experimento apresentado abaixo.¹²²

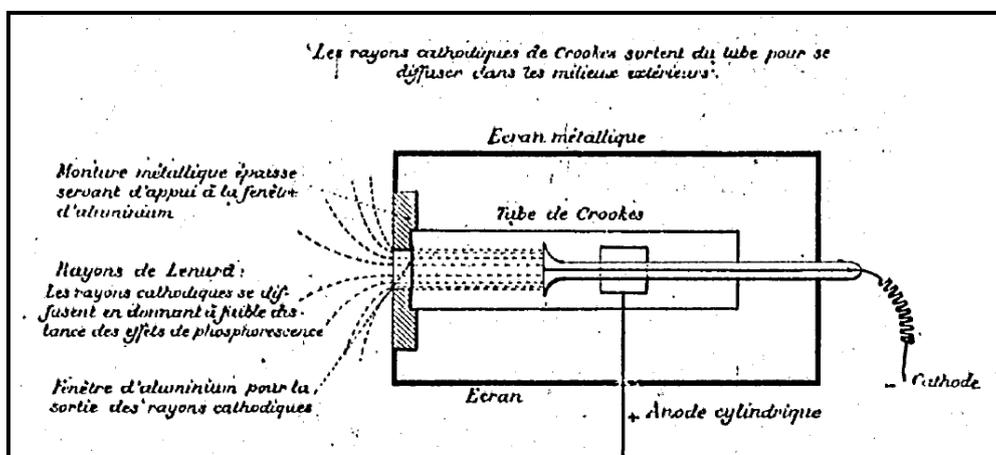


Fig. 9 - Raios de Lénard (1893).

Sobre o estudo dos raios, o autor comenta cada experimento acrescentando conceitos, imagens e as principais ideias dos cientistas, desde os raios catódicos de Crookes aos raios X de Roentgen, como esquematizado a seguir:¹²³

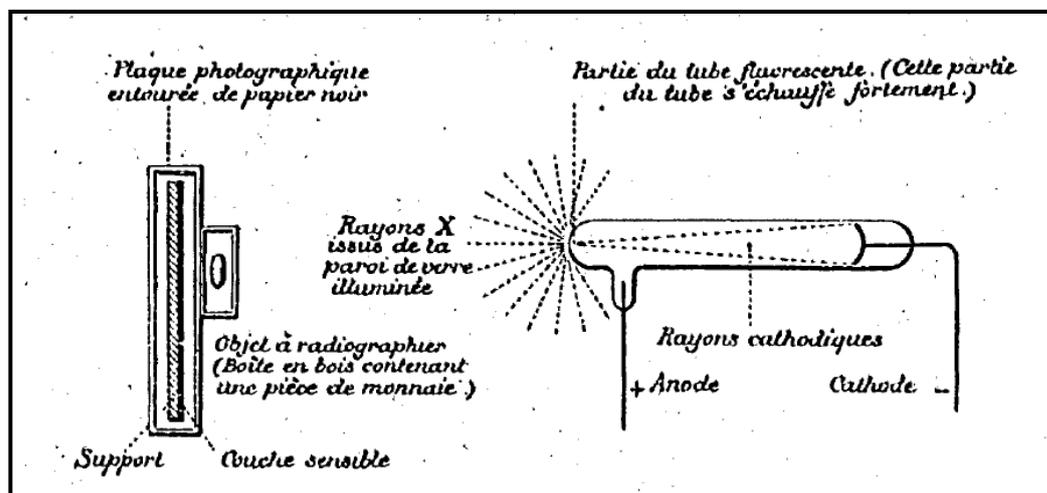


Fig. 10 - Raios X de Roentgen (1896): Radiografia.

¹²² Dumon, *Leçons sur l'électricité*, 436.

¹²³ *Ibid.*, 437.

Sobre as pesquisas referentes à radioatividade, presentes nos livros didáticos publicados na década de 1900, não há citações dos trabalhos dos cientistas envolvidos nos estudos, até a publicação do livro *Traité de Radioactivité* de Mme Curie, em 1910. O que encontramos são livros inteiramente destinados a esse assunto, como *Le Radium: sa préparation et ses propriétés*, de Jacques Danne, 1904, preparador particular de Mme Curie da *École de Physique et de Chimie Industrielle* de Paris. No prefácio dessa obra, Charles Lauth, diretor da escola citada acima, em que Mme Curie fez suas pesquisas, escreve que a publicação desse livro faz conhecer as pacientes pesquisas às quais assistiram durante muitos anos e sua importância, não somente do ponto de vista da física e da química, mas ainda do ponto de vista das concepções filosóficas sobre a natureza da matéria e sobre a energia. Comenta que Mme Curie confiou a Jacques Danne o cuidado de redigir essa pesquisa, que ele participou e que teria o prazer de publicar.

Esse livro apresenta os temas em capítulos, abordando assuntos como: Histórico, Métodos fotográficos e elétricos (uso do eletroscópio); Minerais; Tratamento da Pechblenda; Características dos sais de Urânio; A radiação dos sais de rádio; Efeito produzido pela radiação dos sais de rádio; A radiação induzida e a emissão do rádio; Propriedades de emissão do rádio; Natureza dos fenômenos produzidos pelos sais de rádio e Bibliografia.

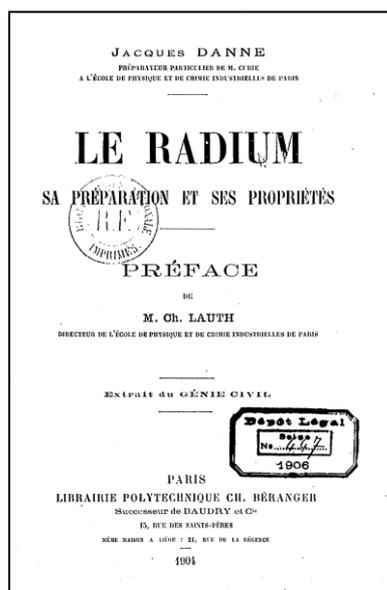


Fig. 11: Divulgação das pesquisas de Mme Curie referentes à Radioatividade, Danne, 1904.

Em outro livro intitulado *Le Radium*, de 1904, G. H. Niewenglowski dedica toda a obra aos estudos dos raios. Nesse livro o autor inicia o estudo com a luminescência e fotografia; Raios Catódicos e Raios X; Pesquisas anteriores à descoberta dos raios de Becquerel; Raios urânicos de M. Becquerel; Descoberta de Corpos radioativos: tório, polônio, rádio, actínio; Pesquisas de Mme Curie e Propriedades do rádio.

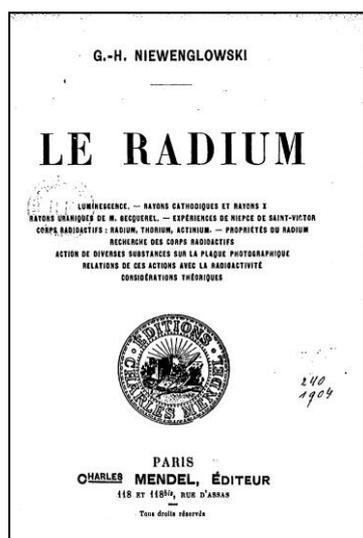


Fig. 12: Divulgação dos trabalhos referentes à Radioatividade, de Niewenglowski, 1904.

Ambas as obras foram publicadas após Mme Curie ter lançado seu livro, que continha suas pesquisas sobre a radioatividade *Recherches sur les nouvelles substances radioactives*, em 1903. Dividido em quatro partes, o livro inicia com o Histórico, relatando o trabalho de Becquerel e os seus estudos com os raios urânicos. Na primeira parte, Mme Curie apresenta os estudos da radioatividade do urânio e do tório; Minerais radioativos, citando os Raios de Becquerel. Na segunda parte, apresenta as novas substâncias radioativas, método de pesquisas, polônio, rádio e actínio, espectro do rádio, características dos sais do rádio. Na terceira parte, Mme Curie escreve sobre a radiação das novas substâncias radioativas, os efeitos da fluorescência, radiografia e os efeitos fisiológicos e na quarta parte do livro dedica aos estudos da radioatividade induzida.

Podemos observar que as obras de Danne e Niewenglowski foram publicadas após Mme Curie lançar seu livro contendo gráficos, tabelas e os resultados de sua pesquisa realizada com o marido, Pierre Curie. Abaixo, as mesmas imagens nos livros de Danne, de Niewenglowski e de Mme Curie, referentes à ação do campo magnético sob os sais de urânio:

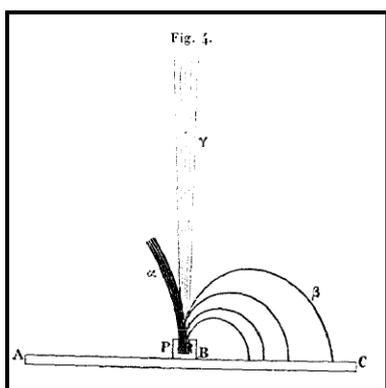


Fig. 13

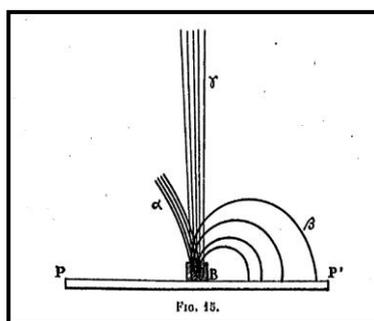


Fig. 14

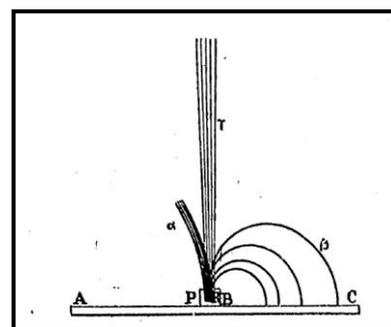


Fig. 15

Fig. 13. *Recherches sur les substances radioactives*, Curie, 1904, 51.

Fig. 14. *Le Radium*, Niewenglowski, 1904, 68.

Fig. 15. *Le Radium: sa préparation et ses propriétés*, Danne, 1904, 32.

A obra *Recherches sur les substances radioactives* é uma publicação do trabalho inédito de Mme Curie apresentado à banca examinadora. Um trabalho importante ao desenvolvimento científico da época que abriu caminho às outras pesquisas, mas também serviu como referência às outras publicações sobre o mesmo assunto, como meio de divulgação científica. Nessa obra, Mme Curie relata suas pesquisas, cita as publicações no *Comptes Rendus*, que apresentou juntamente com Pierre Curie na *Académie des Sciences* e que agora estavam reunidos em um único livro. Uma obra direcionada às universidades, às pesquisas médicas e às indústrias. Quanto às universidades, havia a necessidade de incluir nos currículos um novo tema que não fizesse parte das aulas. Observamos também, através das atas médicas publicadas no início do século XX, o interesse da área médica na aplicação do rádio no tratamento de tumores benignos e malignos e outras doenças ou na manufatura de produtos de beleza a base de tório e rádio.¹²⁴

As publicações posteriores à obra de Mme Curie não se tratam de incentivos, mas da necessidade de divulgar a ciência em uma esfera mais específica. Trata-se de um público específico que adquirirá o conhecimento sobre o tema, portanto, a obra terá uma linguagem própria, repleta de informações úteis ao conhecimento sobre a produção da matéria.¹²⁵

Trata-se de produzir uma obra para divulgar a teoria, as propriedades e a obtenção dos materiais, com a preocupação de difundir o método elétrico utilizado para estudar os elementos radioativos. Observamos a necessidade de publicar um assunto que deve fazer parte do ensino superior, com foco na profissionalização científica, pois havia a necessidade de ensinar os jovens sobre métodos e etapas do processo de obtenção dos elementos no laboratório.

¹²⁴ Mais detalhes, vide Beltran, M. H. R; Beltran, Nelson; Tonetto, S. R. “Imagens da Química no Início dos séculos XX e XXI”. In Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências. Livro de Actas. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011, 468-478.

¹²⁵ Dear, “Towards a genealogy of modern science”, 435.

No final da década de 1890 observamos que os *Comptes Rendus* apresentados na *Académie des Sciences* eram assinados pelo casal Curie. Após apresentação da tese, Mme Curie é a autora principal de seus trabalhos nas outras obras publicadas. Nos livros sobre atualidades ou de divulgação dos resultados das pesquisas médicas, referentes à aplicação do Rádio nos tumores, observa-se que os autores iniciam comentando sobre os estudos de Roentgen, os Raios X, seguem relatando o trabalho de Becquerel e, antes de falar dos resultados dos tratamentos dos tumores, finalizam com o trabalho de Mme Curie, contendo informações presentes no livro *Recherches sur les nouvelles substances radioactives*. Na época foi uma obra importante para divulgar as propriedades do elemento radioativo rádio e sua extração, principalmente para a indústria que se interessava na produção do Rádio em alta escala.

A publicação dos livros *Traité de Radioactivité*, de 1910, e *Radioactivité*, de 1935, revela-nos a necessidade de publicar um livro para o ensino de física nas universidades, contendo um estudo minucioso da radioatividade, assunto ausente nos livros didáticos da época. No prefácio de *Traité de Radioactivité*, Mme Curie cita o livro *Recherches sur les nouvelles substances radioactives*, publicado em 1903, em parte conservado com desenvolvimento muito mais amplo, contendo mais fórmulas, gráficos e esquemas de aparelhagens.

Observamos que, a partir da defesa e da publicação de sua tese de doutorado, a obra de Mme Curie passou a ser uma referência às outras obras de divulgação científica. Essas obras fizeram parte do contexto histórico em que as pesquisas de Mme Curie foram divulgadas como sendo fundamentais para o desenvolvimento científico e responsáveis por novos estudos.

Temos uma ideia bem clara do que a cientista acreditava ser necessário para o ensino da época, mesmo sendo destinado aos cursos

superiores, a ideia era desenvolver a capacidade intelectual dos alunos. Dessa forma há necessidade de realizar cálculos, desenhar e compreender as aparelhagens, ir ao laboratório e entender as causas dos fenômenos, através de observação e experimentação.

No livro *Traité de Radioactivité*, destinado ao ensino de física nos cursos superiores, Mme Curie descreve todo seu trabalho, incluindo trabalhos de cientistas anteriores aos seus, além de explicar detalhadamente os conteúdos, incluindo conceitos, cálculos e esquemas de aparelhagens, como podemos observar nas citações abaixo referentes à carga dos íons:

“Para medir a carga de um íon, M. J.-J. Thomson admitiu que quando a ionização não é muito forte e que a compressão tem um valor adequado, todos os íons servem como centros de condensação; o número de gotas formadas é então igual ao número de íons presentes. O gás era ionizado ou pelos raios Röntgen, ou pela substância radioativa; era armazenado em um recipiente que continha duas placas paralelas e horizontais formando condensador. Após cessar os raios, produz a compressão, observa-se a queda da névoa e se deduz o raio de uma gota. Fazendo certas hipóteses sobre as condições de compressão e de condensação, pode-se calcular qual é a quantidade de água que deve se condensar na compressão, pode, portanto, conhecer o número de gotas formadas...”¹²⁶

Em meio a essas explicações, a cientista inseria cálculos integrais, derivadas e logaritmos:

¹²⁶ Curie, *Traité de Radioactivité*, 30.

“A densidade i da corrente é dada pela fórmula:

$i = ne V/l (k_1 + k_2)$, onde n é a concentração em íons de uma espécie; e , a carga de um íon; V , a diferença de potencial entre as placas; l , a distância das placas; $k_1 + k_2$, a soma das mobilidades dos íons.”¹²⁷

Mme Curie relata suas experiências em laboratório, durante as explicações, expõe os aparelhos utilizados, como o que está representado abaixo:

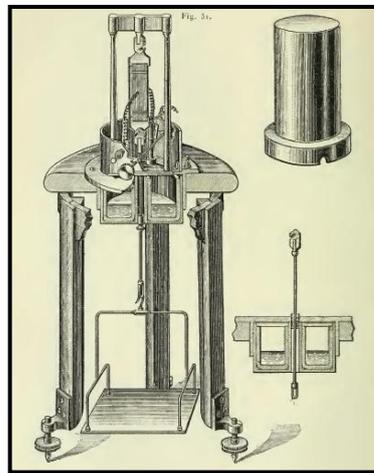


Fig. 16. Aparelho nomeado *Quartzo Piezoelétrico*, *Traité de Radioactivité*, Curie, 1910, 98.

Mme Curie comenta sobre o método de medidas de corrente, usando o aparelho de Quartzo piezoelétrico, projetado pelo marido Pierre Curie e seu irmão Jacques Curie. Esse método era utilizado por ela e por Pierre Curie nas pesquisas sobre a radioatividade.¹²⁸

Em *Notes diverses*, organizadas por Paul Valéry e localizadas na *Bibliothèque Nationale*, em Paris, há dois manuscritos referentes às aulas de Mme Curie na *Sorbonne*, de 16 de novembro de 1911, contendo gráficos e cálculos sobre o rádio e a massa elétrica magnética e as aulas

¹²⁷ Curie, *Traité de Radioactivité*, 31.

¹²⁸ *Ibid.*, 96.

de Perrin, da mesma época, com os seguintes temas: Tensão superficial; Como varia a tensão; Volume dos átomos; Como influi a temperatura na refração; Como influi os campos químicos há simplesmente adição de termos relativos a cada espaço do átomo na molécula; Cálculos; Cinética e aceleração; densidade de fluido, Van der Waals; Combinação química; Gibbs; Destilação; Líquidos miscíveis; Solubilidade dos líquidos; solubilidade dos sólidos nos líquidos; cálculos sen, cos e tag; Os metais; Cálculo integral; Procedimento de fracionamento: destilação, dissolução fracionada, cristalização fracionada; Lei de Koff; Corpos puros; Classificação da Tabela Periódica; Classificação dos átomos; Transmutação dos átomos; Raios α , β , γ (Raios de Roytgen); Fases: líquida, vapor, cristais; saturação; Hipótese de J. T. Thomson; Pesquisas de Kopp; Cinética; Equilíbrio dos corpos; Condensação sob pressão; Potencial Químico; Complexos; Concentração; Solubilidade; Relações das radiações com a matéria; Relação de Krichoff; Lei de Krichoff; Lei de Draper; Fotoquímica; fosforescência e fluorescência; Colóides; Coagulação do sangue; Suspensão; Globulina do sangue; Forma cinética do princípio: Baltzdam; Termostato; Forças Dinâmicas; Mudança de estado físico: líquido, gás e cristais; expansão da matéria; demonstrações de fórmulas: força elástica e fórmulas aplicáveis.¹²⁹

Tanto nas anotações referentes às aulas de Mme Curie, quanto às de Perrin, observa-se gráficos, cálculos e situações do cotidiano, como os exemplos dados por Perrin, hemoglobina, globulina do sangue, imagem de uma boca, provavelmente simulando a digestão, além de tabela de multiplicação. Observa-se também a sequência de informações e a construção do conhecimento químico, nas aulas de Perrin. Nas aulas de química ensina cálculo integral, cálculo de seno, cosseno e tangente. Esses dois documentos aparecem juntos em um mesmo arquivo e mostram-nos a ligação entre eles. Interessante observar os desenhos

¹²⁹ Curie, *Notes diverses après 1900*, *Bibliothèque Nationale*, 36-82.

feitos no fim dos manuscritos, como o corpo de uma pessoa, dando ênfase às partes que o alimento segue, partindo da boca.

Esse estudo leva-nos a refletir sobre a forma de abordar os assuntos nas aulas dos professores envolvidos na cooperativa e em que eles acreditavam como ideal ao ensino. Essas sequências relatadas foram dadas nos cursos de física e química por Mme Curie e Perrin, respectivamente, na *Sorbonne*. Sequências de aulas envolvendo experimentos, questionamentos e investigações, também são observadas nas aulas dadas por Mme Curie, na Cooperativa de Ensino e provavelmente pelos professores que participaram dela. Influenciados por ideias de ensino que acreditavam na época, como também na formação acadêmica destes cientistas e professores, formados por professores com os mesmos ideais, como é o caso da presença nas comissões de ensino do Professor Lippman (1845-1921), professor e orientador de Mme Curie nos trabalhos da cientista realizados no laboratório da faculdade.

Nos manuscritos de Mme Curie, que localizamos na *Bibliothèque Nationale*, há registros do curso dado pelo Professor de Física da cientista na época em que era estudante na *Sorbonne*, M. Sarrou, em abril de 1882, contendo os temas: deslocamentos dos pontos independentes das causas que os produzem: translação; rotação; hidrodinâmica; dilatação linear; dilatação cúbica; Forças elásticas no interior de um corpo sólido; Cálculo da força elástica sobre um elemento qualquer; Relação entre as forças elásticas e os deslocamentos; Hipóteses referentes à força elástica; Equação de equilíbrio e do movimento: hipótese, teoria, constatação por fórmulas; Forças exteriores; Forças aceleradoras; Fórmulas: eixos de simetrias binária e ternária.¹³⁰ Observamos nessa sequência a importância dada aos cálculos e a metodologia utilizada pelos professores da *Sorbonne* provavelmente

¹³⁰ Curie, *Cours de M. Sarrou, Bibliothèque Nationale*, 2-24.

influenciou seu trabalho como professora, tanto como professora de física na universidade, como na cooperativa.

Nos arquivos de Irène Curie, que localizamos no *Institut Curie*, em Paris, há dois cadernos encapados com imagens de um cacho de uvas e cerejas, respectivamente, que datam provavelmente da época da cooperativa, intitulado *Le Journal des Petits*, organizados por Henriette Perrin, professora da Cooperativa de Ensino. Esse manuscrito revela-nos o que as crianças realizavam na cooperativa, além das aulas de laboratório e mostra-nos o que esses professores pretendiam com o ensino na cooperativa.

No primeiro caderno há uma descrição referente aos jardins de M. Kahn, “Les jardins de Mr. Kahn”, texto assinado por Jen Birnis. O texto relata que, entre os jardins mais interessantes de Paris, inclui o jardim de M. Kahn, proprietário de uma bela propriedade ao longo do Sena, entre Boulogne e St. Cloud, com plantas de diferentes países, jardim Vosgien, jardim japonês com detalhes agradáveis, um lugar de meditação para as pessoas inteligentes.¹³¹ Henriette Perrin contribuiu com um conto, que citava a história de uma pessoa que passava pelas dunas de Franceville, quando apareceu um coelho cinza e grande. Pierre Lenègre escreveu sobre a coroa da santa Virgem Nossa Senhora de Lourdes. Temos a descrição do quadro de pessoas famosas: Jeanne D’Aragon de Raphael, exposto no Museu do Louvre, retrato de uma princesa que se chamava Jeanne D’Aragon.

Henriette Perrin descreveu a princesa representada em um lindo vestido de veludo vermelho escuro, um chapéu grande de veludo vermelho e uma única joia: uma pulseira de ouro. Completa dizendo que o figurino é belo, mas o que encanta é sua beleza. Descreve a aparência física: Jeanne D’Aragon tem cabelos dourados, boca vermelha e ar doce e suave, em seguida finaliza a descrição, comentando sobre o trabalho

¹³¹ Curie, *Archives de Irène Curie, Institut Curie*, I. 43.

dos pintores que perpetuam durante séculos a beleza de alguém famoso. Henriette Perrin publica no diário outro texto sobre uma pequena cabra branca. No final do diário há informações sobre um almoço das crianças: Eve e Jean foram convidados para um almoço na casa dos amigos Pierre, Lucie e Georges. Além de questões como:

I. Analisando 105 gramas de cal (óxido de cálcio), foi encontrado 75g de cálcio e portanto 30g de oxigênio. Qual massa de cálcio se combina com 16 g de oxigênio?

II. O que é porcelana? Onde se encontra a porcelana?

III. Nomeie um fruto do qual se come o núcleo.”¹³²

No segundo caderno há um relato de uma conferência de Mme Curie na *Université de Gênes*, por Jacques Desfleurs. Começa descrevendo que a sala continha entre 200 a 300 pessoas. O público era composto por professores e nobres damas que vieram ouvir a conferência sobre as propriedades do rádio e os corpos radioativos. Diante de uma mesa, contendo aparelhos de física, Mme Curie mostrou algumas experiências muito interessantes. Ela falou por um longo tempo cativando todos com o relato de suas descobertas.¹³³

Na sequência, Pierre Lenègre, contribui com um conto “Le rhume du cure de Rabastens”. Descrição do quadro “La Jaconde”, do Museu do Louvre. O texto inicia descrevendo uma bela e grande casa que se chama Louvre, habitado pelo Rei da França. Um museu com obras belas e interessantes, como o retrato de uma dama “La Jaconde” que há 400 anos foi pintada por um grande pintor italiano, Leonardo da Vinci, a dama se chama Monalisa. No final do jornal há algumas questões para os

¹³² Curie, *Archives de Irène Curie, Institut Curie*, I. 43.

¹³³ *Ibid.*, I. 43.

alunos responderem e enviar em um envelope a um endereço na Rua Renne.¹³⁴

“Dê a latitude e a longitude de Djibouti (Meridiano de Greenwich).

Um jardim retangular com 40 m de comprimento e 24 m de largura têm dois corredores paralelos ao lado do retângulo com 2 m de largura. Calcular a área (superfície) da parte cultivável.

O que é granito? Onde se encontra? Como reconhecê-lo? Onde você o pegou?”

Observa-se nesses manuscritos a importância dada por Henriette Perrin à descrição de alguns lugares em Paris, como os jardins, obras de arte e museus, descrevendo-os e contando a história da França. Ênfase em contos e peças de teatro, além de charadas e questões, envolvendo cálculos de química e matemática. Provavelmente, as crianças observavam os jardins nas ruas de Paris e obras de artes no Museu do Louvre, além de realizar várias leituras de contos de diferentes escritores e línguas, relatos de acontecimentos históricos e desafios, envolvendo cálculos, artigos publicados nas revistas da época.

Na Cooperativa de Ensino era possível observar meninos e meninas em uma mesma sala aprendendo os mesmos conteúdos, conceitos de física, química e matemática, através de experimentos realizados em laboratório, partindo de situações do cotidiano dessas crianças.

O grupo de alunos tinha contato com a história e a cultura do país, além do estudo das línguas vivas: inglês e alemão. Assim os alunos eram guiados para conhecer, investigar e compreender os fatos da realidade, além de se prepararem para os exames da época. A

¹³⁴ Curie, *Archives de Irène Curie, Institut Curie*, I. 43.

matemática está presente nas aulas, as línguas vivas e o estudo literário têm como objetivo desenvolver o espírito, dotado de capacidade intelectual, que terá contato com todas essas ciências, uma completando a outra e não de forma segmentada, como era trabalhado nas escolas.

Observamos o trabalho conjunto dos professores, além do estudo das principais matérias com o objetivo de levar o aluno à reflexão, questionamentos, investigação, prática e assimilação, que vão além da observação e experimentação. Podemos observar também que existe uma coerência no trabalho desenvolvido por Mme Curie na Cooperativa de Ensino, com as aulas ministradas na universidade e também com os conteúdos de seus livros voltados para o ensino de física.

No próximo capítulo iremos estudar sobre as principais ideias de ensino dos professores envolvidos na cooperativa, como os artigos de Mme Curie sobre o ensino da época, em especial, as ideias de Paul Langevin e Berthelot que nos direcionam ao ensino francês em que acreditavam, através das conferências dadas no final do século XIX e na primeira metade do século XX.

CAPÍTULO 3

Cientistas-Professores: ideias sobre o ensino de ciências na Cooperativa de Ensino

Neste capítulo vamos refletir sobre as principais ideias de importantes cientistas referentes ao ensino de ciências no início do século XX. Analisaremos também a relação dessas ideias com as práticas desenvolvidas na Cooperativa de Ensino formada por alguns desses cientistas, entre os quais encontramos Marie Curie e Paul Langevin.

Em um diário escrito após a morte de Pierre Curie, Mme Curie relatou os momentos que passaram juntos. A cientista escreveu sobre a conversa entre o marido e Jules Henri Poincaré (1854-1912): “Nós estávamos em um dos cantos da mesa, Henri Poincaré entre nós. Eu conversei com ele da necessidade de substituir a educação literária por uma educação mais próxima da natureza”.¹³⁵ Mme Curie comentou que uma das conversas era sobre os estudos dos fenômenos naturais e que Poincaré fazia objeções com “um sorriso curioso” sobre as coisas novas. Pierre Curie falava da realidade desses fenômenos.¹³⁶

Esse diálogo entre os cientistas remete-nos ao que foi discutido no primeiro capítulo, quanto às ideias dos cientistas, professores e políticos sobre o ensino clássico e moderno, em ensinar grego e latim ou alemão e inglês, além da importância dada pelos cientistas ao ensino de ciências das escolas secundárias. No livro *Science et éducation*, Berthelot, em seus artigos e discursos, comenta sobre a importância do ensino de ciências para o homem. Há também um debate entre o presidente do Conselho Superior de Instrução Pública M. Ribot já citado no primeiro capítulo, e Berthelot referente ao ensino secundário. No discurso

¹³⁵ Curie, *Journal de Marie Curie après la mort de Pierre Curie*, Bibliothèque Nationale, 8.

¹³⁶ *Ibid.*, 8.

pronunciado em 1897, no anfiteatro da *Sorbonne*, Berthelot comentou a importância da ciência à sociedade, como podemos verificar abaixo:

“O que a ciência ensina, é o amor dos homens e da verdade, o dever de se esforçar para alcançar este amor, conformando nossa vida e nossos atos às leis de nossa natureza... A alegria e o prazer estão na natureza, assim como a tristeza e a dor: esses são sentimentos inseparáveis de nosso destino. Amemos, portanto a arte, amemos a beleza!”¹³⁷

Mme Curie seguiu contando que após essas reuniões, eles partiam para a estação, juntamente com os físicos Paul Langevin e Marcel Louis Brillouin (1854-1948) e diante de sua casa, o casal continuava a conversar sobre educação:

“Eu me lembro que diante de nossa casa nós falamos ainda dessa questão de educação que nos interessava muito. Eu tinha dito que as pessoas a quem nós falamos não tinham compreendido nossa ideia, que eles só tinham no ensino de ciências naturais uma exposição de fatos usuais, que eles não tinham compreendido que se tratava de criar nas crianças um grande amor pela natureza, pela vida e ao mesmo tempo a curiosidade de conhecê-los.”¹³⁸

O casal Curie compartilhava do mesmo ponto de vista sobre a educação de ciências destinada às crianças. Em cartas trocadas com

¹³⁷ Berthelot, *Science et éducation*, 6.

¹³⁸ Curie, *Pierre Curie était mort, écrasé dans La rue, le 19 avril*. In *Journal de Marie Curie après la mort de Pierre Curie*, *Bibliothèque Nationale*, 9. Mme Curie começou a escrever esse manuscrito em 30 de abril de 1906.

amigos, Mme Curie comentava sobre a educação da filha Irène Curie e que acreditava numa educação diferente do que o ensino francês proporcionava na época.

Berthelot critica a ciência considerada apenas utilitária, sem perceber o caráter moral da ciência para com os homens: “A história dos progressos inseparáveis da ciência e da indústria ensina-nos que a verdadeira lei que preside ao progresso da humanidade não é uma lei de luta e de egoísmo, mas uma lei de amor.”¹³⁹

Sobre o progresso rápido da ciência, mais especificamente ao desenvolvimento da química e aplicações na sociedade, Berthelot comenta: “Contudo, os métodos novos dedutivos das descobertas científicas de nossa época estão mudando tudo isso, por um progresso imenso que supera as produções realizadas pela natureza.”¹⁴⁰

Berthelot concorda sobre a necessidade de transformar os métodos e aprofundar o conhecimento dos fatos e das leis através da observação e experimentação, como podemos observar abaixo:

“O que faz a força invencível do novo princípio, é que ele não invoca outra autoridade a não ser esta que resulta do conhecimento aprofundado dos fatos e de suas leis, reveladas pela observação e pela experimentação metódica, seguida pela dedicação inesgotável dos cientistas à verdade.”¹⁴¹

No livro *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, Mme Curie relata alguns detalhes a respeito da educação da época e sobre o que acreditava ser importante para a formação de suas filhas Irène Curie e Ève Curie. Para a cientista, a formação de suas filhas em Sceaux, uma cidade ao sul de Paris, apresentava alguns obstáculos. Ève Curie, a mais

¹³⁹ Berthelot, *Science et éducation*, Introdução, XI.

¹⁴⁰ *Ibid.*, 371.

¹⁴¹ *Ibid.*, 12.

nova, tinha necessidade de conhecimento sobre higiene¹⁴², de passeios em pleno ar e de uma educação elementar, pois, segundo a mãe, a menina já manifestava uma inteligência brilhante e um talento extraordinário para a música. Irène Curie parecia com o pai, já possuía um espírito matemático e paixão pelo estudo. Mme Curie faz uma crítica ao ensino francês: “Eu não queria colocá-la no liceu, porque eu sempre achei que as longas lições nas escolas interferiam na saúde das crianças”.¹⁴³

Mme Curie segue criticando o ensino nas escolas francesas:

“A meu ver, na educação infantil, é necessário levar em conta as exigências do desenvolvimento físico e deixar um pouco de tempo para a formação da sensibilidade artística. Na maior parte das escolas contemporâneas consagra-se mais tempo em diferentes exercícios escritos e orais, Eu penso também que geralmente, nas escolas, não há trabalhos práticos, completando os estudos teóricos.”¹⁴⁴

Na *Bibliothèque Nationale* de Paris há alguns microfilmes com manuscritos de Mme Curie, que relatam as ideias da cientista sobre educação no começo do século XX. Em um desses microfilmes encontramos o manuscrito *Le surmenage scolaire*, no qual Mme Curie manifesta sua preocupação a respeito da sobrecarga de trabalho escolar. Nesse manuscrito ela argumenta que esse excesso de trabalho pode sobrecarregar a inteligência de um aluno: “Se nosso sistema de educação não corresponde às condições normais de desenvolvimento

¹⁴² Deve-se considerar que àquela época a higiene constituía ensinamento específico nas escolas primárias e secundárias. Sobre essa disciplina e sua aplicação no Brasil, vide Otavio Pereira Lima, “Higiene e vestuário no início do século XX: algumas ideias de Afrânio Peixoto”. Dissertação de Mestrado em História da Ciência, PUC/SP, 2006.

¹⁴³ Curie, *Esquisse autobiographique* - Pierre Curie, 36.

¹⁴⁴ *Ibid.*, 36.

fisiológico e intelectual de um jovem ser humano, este sistema deve certamente ser modificado.”¹⁴⁵ Segundo Mme Curie, o sistema de educação deve ser compatível com os objetivos da saúde do jovem e “deve ser resolvida pelos médicos e pelos higienistas que prescrevem aos educadores, os limites, acessíveis ao ponto de vista deles para o emprego do tempo dos alunos.”¹⁴⁶ Cita também a necessidade de movimento, referindo-se às atividades físicas, importantes para o desenvolvimento físico dos alunos:

“Eu creio que tal emprego de tempo escolar faz levantar objeções graves. Independentemente da utilização das horas de classe e de estudo, na qual eu irei mais longe, há um abuso de horas de imobilidade imposta a um organismo que tem desejo de movimento.”¹⁴⁷

Sobre o ensino francês Mme Curie finaliza, reforçando a questão da educação física:

“Eu queria assegurar às minhas filhas uma educação física razoável. Além dos passeios ao ar livre, eu falava muito sobre a importância da ginástica e o esporte. Na França, esse aspecto da educação das meninas parece muito negligenciado. Eu tinha certeza que as minhas filhas faziam regularmente a ginástica. Eu tentava também fazê-las passar suas férias de verão na montanha ou no mar. Elas sabiam remar e nadar perfeitamente e um longo passeio ou uma corrida de bicicleta não as assustava.”¹⁴⁸

¹⁴⁵ Curie, *Le surmenage scolaire*, Bibliothèque Nationale, f. 20

¹⁴⁶ Ibid., 20.

¹⁴⁷ Ibid., 21.

¹⁴⁸ Curie, *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, 37.

Berthelot, no final do século XIX, também comentou os exercícios físicos para as crianças como sendo importantes para fornecer o vigor necessário para resistir aos esforços intelectuais, exigidos por outras disciplinas.¹⁴⁹

Em janeiro de 1907, Henriette Perrin expõe seu ponto de vista sobre a Cooperativa de Ensino a Paul Langevin, comentando sobre o filho do cientista, Jean Langevin, que participava das aulas de Mme Curie aos domingos pela manhã. Segundo Mme Perrin:

“Vosso pequeno Jean acompanhou muito bem domingo de manhã a lição de Mme Curie e deu a impressão que ele era extremamente inteligente e será sem dúvida um dia um físico tão notável quanto seu pai. Tememos ser muito pretensiosos ao exigir muito do destino, desejando que essas crianças sejam melhores e mais inteligentes que seus pais, mas pode-se esperar que elas terão, graças aos esforços destes, mais felicidade, uma vida mais alegre, de vitórias mais fáceis, mais rápidas e prósperas... . Nós formamos o projeto com Mme Curie... nós tentaremos organizá-la da melhor forma possível, para o maior benefício intelectual e a felicidade do grupo de alunos.”¹⁵⁰

Como já comentado anteriormente, as aulas eram ministradas em diferentes lugares: no laboratório da *Sorbonne*, na casa de Jean Perrin e Henriette Perrin, no Boulevard Kellermann, na casa de Paul Langevin, em Fontenay-aux-Roses e no estúdio do escultor Magrou.¹⁵¹

¹⁴⁹ Berthelot, *Science et Morale*, 133.

¹⁵⁰ Archives Langevin de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de La Ville de Paris, L76/22, citado em Charpentier-Morize, *Jean Perrin 1870-1942 : savant et homme politique*, 36-37.

¹⁵¹ Pflaum, *Marie Curie et la fille Irène deux femmes, trois Nobel*, 136 - 137.

Dessa forma Mme Curie, juntamente com alguns professores, entre eles, Jean Perrin e Paul Langevin, deram início à cooperativa e colocaram em prática o método de ensino que o grupo acreditava ser o mais adequado. Portanto, a Cooperativa de Ensino reflete a importância de um ensino voltado à boa formação das crianças, em que meninos e meninas compartilhem os mesmos conhecimentos literários e científicos e preparem-se para as universidades. Os assuntos são tratados de forma prática, assegurando o cumprimento dos conteúdos exigidos nas escolas.

Em conferência proferida por Paul Langevin, em 11 de junho de 1931, no *Musée Pédagogique*, o cientista relembra a experiência vivida, comentando a respeito do método de ensino utilizado com as crianças, referindo-se, provavelmente, às aulas da Cooperativa de Ensino: “Pude verificar pessoalmente que semelhante ensino baseado o mais amplamente possível em trabalhos práticos, resulta admiravelmente com crianças dessa idade.”¹⁵²

Paul Langevin relata nessa conferência a necessidade de respeitar o desenvolvimento intelectual dos alunos, segundo a “evolução da espécie”. De acordo com o cientista deve-se respeitar a seguinte ordem: primeiro desenvolver as faculdades de observação; segundo, praticar a experimentação exata e a representação abstrata que se desenvolvem no cérebro da criança.¹⁵³

De acordo com o cientista, a criança desenvolve a curiosidade desde cedo, a qual deve ser satisfeita e encorajada. As ciências naturais proporcionariam esses desafios, satisfazendo a criança nos dois primeiros anos do ensino secundário.¹⁵⁴ De acordo com Paul Langevin, o

¹⁵² Langevin, *Pensamento e acção*, 187.

¹⁵³ *Ibid.*, 186.

¹⁵⁴ *Ibid.*, 186.

tempo programado para o ensino de ciências era insuficiente, além de sacrificar o lado histórico, substituindo-o pelo aspecto utilitário.¹⁵⁵

Na conferência apresentada em 1931, Langevin comenta sobre cada etapa de desenvolvimento da criança, o que nos dá indícios sobre as práticas utilizadas na cooperativa. De acordo com os comentários de Langevin, dos 10 aos 12 anos, de acordo com o interesse, a criança deve aprender a ver e a observar, juntamente com o estudo das línguas, do desenho, dos trabalhos manuais e da educação física, para desenvolver a expressão e a ação. Nessa idade deve-se iniciar as ciências físicas, que dão bons resultados quando incorporados desde o ensino primário. Em parte de seu pronunciamento ele critica a escola primária que “abandona” a criança de 11 a 12 anos, quando seu desenvolvimento intelectual está no início, limitando o aprendizado apenas à observação e verificação pura e simples. Langevin comenta que o ensino secundário não prevê o ensino de física no primeiro ciclo e, com isso, perde os resultados alcançados nas etapas anteriores e as possibilidades de um ensino concreto das ciências físicas e matemáticas.¹⁵⁶

Langevin acredita que na idade dos 12 aos 15 anos, as crianças deveriam entrar na segunda fase dos estudos sobre ciências, correspondente à noção de leis, de série causal, que atuam na natureza e que permitiriam prever acontecimentos. E, finalmente, na terceira fase, quando o espírito do aluno já tivesse atingido a maturidade necessária, seria possível começar a compreender o sentido da síntese abstrata, a noção do que é a vida científica e como ocorre o desenvolvimento progressivo das ideias. Nessa etapa, Langevin recorre à história da ciência de forma que o aluno possa reagir à ideia de ciência como sendo uma obra rígida e morta. Este último aspecto era ensinado na época de

¹⁵⁵ Langevin, *Pensamento e acção*, 168.

¹⁵⁶ *Ibid.*, 186-187.

forma dogmática e verbal.¹⁵⁷ Para Langevin, a história das invenções seria fácil de fazer, porém a história das ideias e dos homens é a mais “delicada, mas ainda mais fecunda do ponto de vista educativo”.¹⁵⁸ Permite, através de leituras das obras dos cientistas do passado e da vivência com os contemporâneos, “penetrar o pensamento íntimo de uns e de outros. ... permite, ao percorrer os grandes estádios da civilização, experimentar, ao mesmo tempo que um sentimento de extrema modéstia relativamente ao que somos, uma confiança muito grande no futuro.”¹⁵⁹

Langevin critica os livros clássicos por conter só as teorias ultrapassadas, mesmo após a introdução de trabalhos práticos na reforma de ensino de 1902, o ensino é dogmático, através de leis e fórmulas. Dessa forma, a história das ideias contribuiria para o ensino das ciências, como podemos verificar no trecho abaixo:

“Como contribuição para a cultura geral e aproveitamento no ensino das ciências de tudo o que ele é susceptível quanto à formação do espírito, nada poderia substituir a história dos esforços passados, tornada vida pelo contato com a existência dos grandes cientistas e com a lenta evolução das ideias.”¹⁶⁰

Essa ideia de evolução das ideias no estudo da história das ciências está presente em suas explicações sobre os trabalhos científicos, partindo dos gregos, Renascimento, séculos XVIII e XIX: “No século XVIII, é incontestável que Newton desempenhou um papel importante na evolução social: as enciclopédias precursoras da revolução Francesa, vão buscar a sua inspiração e o seu modelo às obras do cientista inglês.”¹⁶¹

¹⁵⁷ Langevin, *Pensamento e acção*, 187.

¹⁵⁸ *Ibid.*, 172.

¹⁵⁹ *Ibid.*, 172.

¹⁶⁰ *Ibid.*, 169.

¹⁶¹ *Ibid.*, 178.

Segundo Langevin, entre os 11 e os 15 anos seria essencial a execução de experiências, o contato com as coisas, elaborar as ideias abstratas que conduzem às leis.¹⁶² Para ele o ensino francês preocupava-se com o aprender e não com o compreender.¹⁶³ Essas ideias estão de acordo com o pensamento de Berthelot para essa etapa do desenvolvimento, de acordo com ele, é na adolescência, idade entre 14 e 15 anos, que se manifestam as faculdades racionais, é uma idade de evolução intelectual.¹⁶⁴

Paul Langevin enfatiza em seus discursos a importância da prática vinculada à história no ensino de ciências, como podemos observar no trecho abaixo:

“Há que substituir esta concepção estática por uma concepção dinâmica apoiada na história. Para fazer compreender o processo de adaptação do espírito, há que mostrar como em cada época, as representações teóricas e as noções a partir das quais se constroem são determinadas pelo conjunto dos fatos experimentais conhecidos e como se efetua o progresso através de uma série de crises provocadas pelo acréscimo tão rápido que o método experimental permite, sob o ponto de vista do número e da precisão desses fatos.”¹⁶⁵

Nas conferências de Langevin, o cientista priorizava os estudos históricos no ensino de ciências, como podemos observar em um trecho de seu discurso: “Durante todo o século XIX e, ainda hoje, no nosso país

¹⁶² Langevin, *Pensamento e acção*, 195.

¹⁶³ *Ibid.*, 196.

¹⁶⁴ Berthelot, *Science et Morale*, 68.

¹⁶⁵ Langevin, *Pensamento e acção*, 169.

como noutros lugares, renuncia-se ao ensino da história das ideias ou não se lhe dá a importância que merece.”¹⁶⁶

Langevin dá importância ao método experimental através da descoberta, do enunciado de leis, da história, da realidade e dos fatos: “A observação e a experimentação levam o físico a verificar encadeamentos regulares dos fatos, a conceber a noção de causalidade, a ligação necessária entre causas e efeitos.”¹⁶⁷ Langevin fala sobre o valor educativo da ciência:

“Por um lado, o valor educativo da ciência assenta tanto na descoberta quanto no esforço que permite alcançá-la, no enunciado das leis como na sua história, na perspectiva da realidade que o seu conjunto proporciona no contato íntimo com os fatos, como na disciplina que os permite obter. Essas duas faces do ensino científico são tão inseparáveis como ... a questão que a teoria propõe por via dedutiva é inseparável da resposta que a experiência fornece e de onde se extrai a lei através da indução, como essa representação interior, que é a nossa ciência, é inseparável dos fatos representados. Por outro lado, é indispensável fornecer desde início à preparação técnica uma base teórica tão larga e sólida quanto possível e essa missão incumbe ao ensino secundário.”¹⁶⁸

Berthelot na obra *Science et philosophie*, expõe suas ideias sobre a ciência positiva e o que ele chama de novo método: a ciência ideal. Segundo o cientista, a ciência positiva “Não persegue nem as causas

¹⁶⁶ Langevin, *Pensamento e acção*, 179.

¹⁶⁷ *Ibid.*, 183.

¹⁶⁸ *Ibid.*, 157.

primárias nem o fim das coisas, mas ela estabelece fatos e os relacionando uns com os outros por relações imediatas”.¹⁶⁹ Assim, a observação de fatos na natureza provaria que eles derivam de uma mesma causa, ou seja, “Quase todos os fenômenos da luz e do calor que nós produzimos na vida comum se explicam da mesma forma”.¹⁷⁰ Os fenômenos são explicados através das verdades gerais para o estado individual: “Uma generalização progressiva, deduzida de fatos anteriores e verificados sem cessar por novas observações, conduz assim nosso conhecimento desde os fenômenos vulgares e particulares até as leis mais abstratas e mais amplas.”¹⁷¹ Os fenômenos são verificados através da observação e da experimentação e acrescenta que: “ É um dos princípios da ciência positiva que nenhuma realidade possa ser estabelecida pelo raciocínio.”¹⁷²

O novo método de acordo com Berthelot seria a ciência ideal: “De fato, a ciência ideal não é inteiramente formada, como a ciência positiva, por uma trama continua de fatos entrelaçados utilizando relações certas e demonstráveis.”¹⁷³

Para o cientista, a construção da ciência ideal só poderia ocorrer por um meio: “... aplicar à solução dos problemas que ela questiona todas as ordens dos fatos que nós podemos atender, com seus graus desiguais de certeza, ou mais de probabilidade.”¹⁷⁴

Berthelot acredita que a observação exterior é essencial ao espírito, “... O hábito de raciocinar e refletir sobre as coisas, o respeito inquebrantável da verdade e a obrigação de se inclinar sempre ante as leis necessárias comunicam ao espírito uma marca indelével.”¹⁷⁵

¹⁶⁹ Berthelot, *Science et Philosophie*, 9.

¹⁷⁰ *Ibid.*, 9.

¹⁷¹ *Ibid.*, 9.

¹⁷² *Ibid.*, 10.

¹⁷³ *Ibid.*, 36-37.

¹⁷⁴ *Ibid.*, 32.

¹⁷⁵ Langevin, *Pensamento e acção*, 188.

Langevin prioriza a experimentação como podemos observar na citação abaixo:

“... A maior parte dos alunos, enganados pela identificação prematura da massa mecânica e da quantidade de matéria encarada como indestrutível, não consideram evidente ‘a priori’ a invariabilidade da massa e do peso com a temperatura, fato experimental extremamente notável, frequentemente utilizado, por exemplo na lei de variação da densidade de um corpo com a sua temperatura.”¹⁷⁶

Langevin cita a mecânica e a atomística como úteis para mostrar a indução experimental, “como vivem e se transformam” e não de forma fragmentada, como aparece no ensino francês.¹⁷⁷

Com a reforma de ensino em 1902, a eletricidade é ensinada pela primeira vez, mencionando as descargas nos gases, os raios catódicos e os raios X. A energia e os princípios da termodinâmica são estudados nos programas finais.¹⁷⁸

Sobre o ensino de mecânica Langevin cita:

“... É vulgar dissimular completamente o caráter provisório da construção mecânica e o ensino nunca se apercebeu disso. Continua a expô-la, em França, de maneira dogmática, sem recuar suficientemente à sua origem experimental, sem se preocupar com as obscuridades que comporta à partida e sem assimilar o alcance limitado das suas consequências, restritas, ao

¹⁷⁶ Langevin, *Pensamento e acção*, 158.

¹⁷⁷ *Ibid.*, 160.

¹⁷⁸ Bensaude-Vincent, “La place des réflexions sur l’école dans l’oeuvre de Paul Langevin.” In Kounelis, “Paul Langevin et la Réforme de l’enseignement”, 16.

domínio dos movimentos de conjunto, sem emissão de radiações e com fracas velocidades. Mais ainda, quis-se fazer convergir nela todas as outras ciências, preparando assim enormes dificuldades aos que receberam tal ensino no dia, talvez próximo, em que a mecânica deixe de ocupar essa posição central.”¹⁷⁹

No artigo “A física moderna e o determinismo”, publicado no periódico *La Pensée*, 1939, Langevin comenta sobre a Física Atômica, que progrediu por dez anos na exploração experimental do átomo e na interpretação teórica dos fatos, um período marcado pelo desenvolvimento da teoria dos quanta e da mecânica ondulatória. Segundo o cientista, a teoria dos quanta deu origem às discussões no começo do século, sendo os primeiros passos da moderna teoria do átomo.¹⁸⁰

Observamos que toda essa preocupação foi refletida no ensino de ciências na Cooperativa, em que, com um grupo de crianças de idade entre 7 e 13 anos, os professores trabalharam os conteúdos, colocando-os em contato com a realidade, desenvolvendo o interesse científico e inserindo-os na cultura moral e geral. Ou seja, podemos relacionar as ideias desses cientistas com as práticas efetuadas na cooperativa, a exposição das crianças de diferentes idades ao método de ensino de ciências, que acreditavam ser adequado.

Durante a reforma de ensino de 1902 nas escolas secundárias, cientistas, políticos e acadêmicos reuniram-se para discutir sobre o ensino de ciências aplicado nessas escolas. Como foi abordado no primeiro capítulo, a discussão entre os cientistas é com relação ao método utilizado, sendo intuitivo ou por indução e dedução. A Cooperativa de Ensino revelou-nos o que esse grupo de professores

¹⁷⁹ Langevin, *Pensamento e acção*, 162.

¹⁸⁰ *Ibid.*, 88.

pretendia mostrar às comissões de ensino da época: a aplicação desses métodos nas aulas de ciências intercaladas com aulas de história, artes e línguas vivas.

Esse diálogo entre as ideias dos cientistas citados aqui nos leva a refletir sobre o objetivo da Cooperativa de Ensino. No período de funcionamento da cooperativa, os cientistas discutiam muito sobre os métodos utilizados no ensino de ciências, nas escolas secundárias. Dessa forma a cooperativa foi proposta com o objetivo de colocar novos métodos em prática, mostrando aos acadêmicos que é possível esse tipo de ensino. Um ensino envolvendo a teoria e a prática, ministrado em diferentes ambientes, como nos museus e laboratórios. Após essa experiência, os cientistas e professores seguiriam seus trabalhos. Porém observamos que se tornarão figuras importantes na discussão do ensino nas próximas reformas, como podemos verificar no artigo escrito por Mme Curie sobre “Le surmenage scolaire” e a participação de Langevin nas comissões de ensino. Langevin, uma figura importante na cooperativa, aparece sempre como protagonista nas discussões sobre o ensino francês durante a primeira metade do século XX, principalmente em conferências.

Em 1902, Paul Langevin era membro da comissão de ciências físicas. O interesse por questões educacionais cresce na década de 1920. Nessa época, o cientista presidiu a *Société Française de Pédagogie*, *Compagnons de l'Université Nouvelle*, que era um grupo de docentes progressistas fundada em 1925 e a *Ligue Internationale pour l'éducation nouvelle*, criada em 1921, em Calais, França. Devido ao seu papel na educação francesa, em 1931, Langevin visitou a China, como membro do comitê internacional da *Société des Nations*, para discutir questões sobre a reforma do sistema educacional chinês. Foi vice-presidente da *Ligue française des droits de l'homme* e presidiu a mesma liga, em 1945. Na reforma do ensino secundário em 1947, Paul Langevin

presidiu a comissão de ensino juntamente com Henri Paul Hyacinthe Wallon (1879-1962).¹⁸¹

Em 17 de fevereiro de 1904, Langevin expõe suas ideias pedagógicas em uma conferência no *Musée Pédagogique*: “Considerou-se benéfico ao desenvolvimento intelectual o exame dos métodos e resultados da investigação experimental, do trabalho do espírito na assimilação progressiva da realidade”¹⁸².

A produção industrial francesa triplicou entre 1870 e 1914. Entre 1901 e 1914, as faculdades de ciências francesas entraram em período de crise. O governo cortou os financiamentos e controlava as pesquisas, cujo interesse voltava-se para as esferas militares, dessa forma houve um declínio dos conteúdos práticos nas escolas de engenharia, ciências e matemáticas.¹⁸³ Com as exigências das indústrias da época, houve necessidade de preparação para a atividade técnica, auxiliada pelo domínio sobre o mundo exterior que a ciência proporciona. O ensino estava voltado para preparar o aluno para o trabalho. Para Langevin, o ensino de ciências no liceu apresentava caráter dogmático e fragmentário e acreditava em um ensino mais sintético e vivo, satisfazendo as exigências da cultura e da ação.¹⁸⁴

“O ensino pode apenas proporcionar, na realidade, um começo de cultura, que torne o indivíduo capaz de a desejar ou de a apreciar. Deve por si próprio e ao longo de toda a sua vida manter o contato preparado pela escola, sendo preciso para isso que disponha de tempo necessário.”¹⁸⁵

¹⁸¹ Langevin, *Pensamento e acção*, 165. Ver também Kounelis, “Paul Langevin et la réforme de l’enseignement”, 12-17.

¹⁸² Langevin, *Pensamento e acção*, 156.

¹⁸³ Day, “Science, applied science and higher education in France 1870-1945, an historiographical survey since the 1950s”, 369-373.

¹⁸⁴ Langevin, *Pensamento e acção*, 156.

¹⁸⁵ *Ibid.*, 182.

Para Berthelot, o objetivo do ensino no final do século XIX era a prática profissional e não a cultura intelectual, ou seja, um ensino enciclopédico voltado aos exames preparava, assim, um homem inteligente e mais capaz para os serviços públicos. De acordo com Berthelot, o ensino especial conduzia as crianças de famílias pobres para o preparo profissional.¹⁸⁶

O sistema educacional francês era rígido e resistente às mudanças, o objetivo do ensino nessa época era de transmitir a cultura, em vez de promover a pesquisa científica e a produção industrial.¹⁸⁷

O ensino secundário tornou-se gradativamente gratuito somente a partir de 1930, por solicitação da câmara dos deputados: em 1930, o primeiro ano, em 1931, o segundo ano e em 1932, o terceiro ano. Antes disso, os liceus exigiam pagamentos dos alunos que frequentavam as aulas.¹⁸⁸

Berthelot apresenta ideias positivistas sobre o progresso e a importância das ciências para a humanidade. O espírito humano é o criador da verdade e do conhecimento, como podemos observar nas linhas abaixo:

“Ensinar ao homem o amor e o respeito pela verdade, ensinar a ideia do dever e a necessidade do trabalho, não como punição, mas como emprego, o mais elevado de nossa atividade, construir o edifício da solidariedade.”¹⁸⁹

A instrução secundária nesse período preocupava-se em satisfazer as necessidades e as propriedades do exame *Baccalauréat*, com

¹⁸⁶ Berthelot, *Science et Morale*, 64-71.

¹⁸⁷ Day, “Science, applied science and higher education in France 1870-1945, an historiographical survey since the 1950s”, 377.

¹⁸⁸ Judd, “Education”, 929.

¹⁸⁹ Berthelot, *Science et Morale*, 40.

aparência enciclopédica, não tinha o valor e a significação de um exame de cultura geral.¹⁹⁰

Os exames exigem o conhecimento dos fatos e das leis de forma dogmática, ou seja, os alunos aprendem as leis, as fórmulas, o manuseio para depois aplicar nas profissões, como o engenheiro. Esse tipo de ensino, segundo Langevin, perde o interesse, dando a impressão de que a ciência é obra acabada e nada será descoberto.¹⁹¹ Berthelot comenta, no final do século XIX, a respeito da necessidade de mudança no método de ensino, uma nova evolução científica e utilitária, ou seja, a necessidade dos conhecimentos científicos e práticos para todas as carreiras.¹⁹² Langevin afirmava que o ensino de ciências deveria contribuir para que o aluno entendesse que a ciência é resultado de um esforço coletivo, como podemos observar no trecho abaixo:

“O ensino de ciências físicas sob o seu duplo aspecto, experimental primeiro e teórico em seguida, intervém diretamente na iniciação do aluno às formas variadas de atividade, quer intelectuais quer manuais; mas insistirei particularmente no fato de que ele deve contribuir sobretudo para lhe dar o sentido da evolução humana, para o fazer compreender e amar o grande esforço coletivo de adaptação que a nossa ciência representa”.¹⁹³

Nota-se que Langevin dá importância ao ensino de ciências físicas voltadas aos estudos da realidade concreta, primeiro pela observação dos fatos e a experimentação através da atitude interrogativa. Em seguida, pela elaboração das leis que permitem a previsão, de forma exata, matemática, relacionar os fatos observados com as

¹⁹⁰ Boutmy, *Le Baccalauréat et l'enseignement secondaire*, 48-54.

¹⁹¹ Langevin, *Pensamento e acção*, 168.

¹⁹² Berthelot, *Science et Morale*, 57-59.

¹⁹³ *Ibid.*, 182.

consequências, prevendo os fenômenos e, por último, a compreensão e a explicação. “O conhecimento dessas leis deve, antes de tudo, proporcionar a paz da alma e permitir, por acréscimo, prever os acontecimentos a fim de dirigir consequentemente os nossos atos.”¹⁹⁴

Podemos notar as mesmas ideias nos pensamentos de Berthelot. Para esse cientista, o método consiste em observar fatos internos devotados pela consciência ou sensação interna, seguida da sensação externa e, finalmente, a experimentação e descoberta. O conhecimento e as leis são importantes na aplicação da ciência. Seguindo sentimentos e habilidades criativas, dá importância, primeiramente, para os fatos e leis e depois à necessidade de construção de representações de símbolos e suposições, por meio de hipóteses. Para Berthelot, a base de toda aplicação no domínio material e moral seria a ciência positiva, que se restringe na observação e na experimentação. Propõe outro método, a ciência ideal, como comentado anteriormente, que extrapola a ciência positiva:¹⁹⁵

“A ciência de fato se apresenta a nós sobre um duplo ponto de vista: ciência positiva, que é a base sólida de toda aplicação, no domínio material como no domínio moral; e ciência ideal, que compreende nossas esperanças próximas, nossas imaginações, nossas probabilidades distantes.”¹⁹⁶

No final do século XIX e início do século XX, Berthelot, através de seus livros e suas conferências, expõe suas ideias sobre o novo método:

“A ligação entre os dois pontos de vista, é o método. Nosso método consiste em observar primeiramente os fatos,- eu digo os fatos

¹⁹⁴ Langevin *Pensamento e ação*, 184.

¹⁹⁵ Berthelot, *Science et Morale*, 14-15.

¹⁹⁶ *Ibid.*, 14.

internos, revelados pela consciência, ou sensação íntima, bem como os fatos externos, manifestados pela sensação externa, e provocar o desenvolvimento de uns e de outros pela experimentação, a principal fonte de nossas descobertas. Este método é o mesmo para os fatos sociais e políticos, para os fatos materiais e industriais.”¹⁹⁷

Analisar a reforma de ensino em 1902 faz-nos refletir sobre o espírito do ensino de ciências da época. Tinha como concepção educar para agir. Langevin, em seu discurso em conferência proferida no *Musée Pédagogique*, não acredita que haveria lugar em matéria científica, para estabelecer lado a lado dois ensinamentos distintos, um especulativo e outro prático, um fornecendo o espírito e outro a letra, um o método, outro os resultados.¹⁹⁸ Dessa forma temos as mesmas ideias de Berthelot, citadas anteriormente. Para Langevin, essas duas faces do ensino de ciências são inseparáveis, como os termos de uma igualdade.

“Por um lado, o valor educativo da ciência assenta tanto na descoberta quanto no esforço que permite alcançá-la, no enunciado das leis como na sua história, na perspectiva da realidade que o seu conjunto proporciona no contato íntimo com os fatos, como na disciplina que os permite obter. Essas duas faces do ensino científico são tão inseparáveis como os dois termos de uma igualdade, como a questão que a teoria propõe por via dedutiva é inseparável da resposta que a experiência fornece e de onde se extrai a lei através da

¹⁹⁷ Berthelot, *Science et Morale*, 14.

¹⁹⁸ Langevin, *Pensamento e acção*, 156.

indução, como essa representação interior, que é a nossa ciência, é inseparável dos fatos representados. Por outro lado, é indispensável fornecer desde o início à preparação técnica uma base teórica tão larga e sólida quanto possível e essa missão incumbe ao ensino secundário.”¹⁹⁹

Para Langevin é indispensável fornecer uma preparação técnica, uma base teórica larga e sólida no ensino secundário. A atitude crítica é importante para preparar o caminho à atitude construtivista, mas insuficiente. Nada vale trabalhar o conteúdo, se o desenvolvimento e a construção não são colocados em prática. Ele critica o dogmatismo e acredita em um ensino vivo, ou seja, que leve o aluno a compreender em que consiste a ciência e como se constitui.²⁰⁰ Sabemos que em 1904 as ciências físicas passaram a fazer parte dos currículos do ensino secundário, por isso a preocupação com o que ensinar nas escolas.

Dessa forma, as aulas na cooperativa vão além de uma descrição de aparelhos ou de passar a ideia de físicos que se divertem em seus laboratórios ou campos de observação:

“O aluno que procura a ciência movido apenas por uma preocupação de cultura retira deste conjunto a impressão de que os físicos são crentes de uma espécie singular, que se divertem a olhar através de lunetas e a construir curvas, desenvolvendo uma atividade tão dispersa como inútil.”²⁰¹

Langevin critica a “ciência definitiva”. O ensino de ciências deve partir de hipóteses mais exatas, os resultados devem ser confrontados

¹⁹⁹ Langevin, *Pensamento e acção*, 156-157.

²⁰⁰ *Ibid.*, 109.

²⁰¹ *Ibid.*, 158.

com os fatos exteriores, interrogando a natureza continuamente. Podemos observar essas ideias no trecho abaixo:

“O objetivo principal do ensino, em todos os casos, deve ser o de transmitir a noção do esforço vivo e contínuo efetuado pela ciência para se adaptar às realidades exteriores, para construir, a partir de princípios ou hipóteses que o espírito decreta guiado pela indução experimental, o edifício harmonioso da nossa representação.”²⁰²

Mesmas ideias atribuídas à Berthelot foram citadas anteriormente. Para o cientista a pura constatação dos fatos e suas leis não é suficiente ao espírito humano e acrescenta:

“Levado por uma tendência invencível, ele se apoia sobre os fatos e se eleva, para construir representações, símbolos, por meio dos quais ele reúne conhecimentos em um sistema coordenado de hipóteses. ... é necessário primeiro imaginar, e em seguida realizar.”²⁰³

Portanto, o novo método levará o aluno a não aceitar as fórmulas e fatos, sem contestá-las. Segundo Langevin, quando o aluno aprender como se fabrica, entenderá que não há uma fórmula definitiva.²⁰⁴ Além de despertar a curiosidade dos alunos, que compreenderão facilmente o trajeto posterior das ideias, também não ficarão desamparados quando surgirem fatos em contradição com uma lei ou fórmula.²⁰⁵

“O futuro técnico, por seu turno, retira-se carregado de uma coleção de leis e de fórmulas

²⁰² Langevin, *Pensamento e acção*, 159.

²⁰³ Berthelot, *Science et morale*, 15.

²⁰⁴ Langevin, *Pensamento e acção*, 159.

²⁰⁵ *Ibid.*, 160.

convicto de que são geralmente falsas, aliás sem saber porquê nem em que sentido. A escola especial contribuirá para tornar ainda mais pesado o amontoado de fatos que armazena, dificilmente retidos, porque lhes falta um vínculo que os articule num conjunto, úteis hoje, inúteis amanhã, em virtude das modificações contínuas e bruscas das indústrias.”²⁰⁶

Escola especial, citada pelo cientista, seria a escola voltada para o preparo das carreiras comerciais e industriais. Segundo Langevin, o objetivo do ensino é transmitir a noção do esforço vivo efetuado pela ciência para se adaptar à realidade exterior, por meio dos princípios ou hipóteses e através da indução experimental.²⁰⁷

Na Cooperativa de Ensino os alunos tinham aulas de ciências, literatura e artes. Paul Langevin, em conferência em 1931, comenta sobre a importância de um ensino com seções científicas, literárias, artísticas e manuais da cultura para atingir os diferentes níveis de reflexão, expressão e ação das crianças.²⁰⁸ Langevin critica a carga horária destinada às ciências no ensino secundário, dessa forma resulta um ensino utilitário e enfatiza que o objetivo do ensino de ciências não é de formar engenheiros. Deve-se libertar desse objetivo utilitário e objetivar o sentido mais histórico, mais humano e cultural. O cientista cita vários exemplos da forma como se ensina ciências no ensino secundário:

“Outro exemplo é-nos dado pelo absurdo programa de Eletricidade do segundo ciclo, que começa com o estudo da corrente porque a corrente é o que serve, é o que se utiliza na prática... quando a eletrostática deveria

²⁰⁶ Langevin, *Pensamento e acção*, 158.

²⁰⁷ *Ibid.*, 158.

²⁰⁸ *Ibid.*, 190.

necessariamente constituir a base de um estudo sério da eletricidade; quando ela figurava nos programas era, sem dúvida, geralmente mal ensinada; havia que aperfeiçoar esse ensino e não suprimi-lo.”²⁰⁹

Mme Curie, no livro *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, atribui o sucesso dos estudos de Irène Curie às aulas dadas na cooperativa. Podemos observar esse sentimento na citação abaixo:

“Esse método de ensino, aplicado durante dois anos, mostrou-se muito frutífero para a maior parte das crianças e esse foi certamente o caso da minha filha mais velha que, com essa preparação, pôde ser aceita nas classes superiores de um dos colégios parisienses e passar sem dificuldades nas provas do *Baccalauréat* antes da idade comum, depois disso ela continuou seus estudos de ciências na *Sorbonne*.”²¹⁰

Para Berthelot, a arte e a poesia só atenderiam suas perfeições juntamente com o conhecimento da natureza e da ciência. Uma relação necessária.²¹¹ Para o cientista há necessidade de uma educação fundada em conhecimentos literários e científicos e que, no final do século XIX, são esquecidos pelos defensores da escola tradicional.²¹² O importante é a prática, sem abandonar a cultura literária.²¹³

“As sociedades humanas não vivem mais unicamente da arte e da literatura, como outro tempo; hoje elas vivem, sobretudo, da ciência e

²⁰⁹ Langevin, *Pensamento e acção*, 193.

²¹⁰ Curie. *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*, 37.

²¹¹ Berthelot, *Science et Morale*, 42.

²¹² *Ibid.*, 64.

²¹³ *Ibid.*, 109.

da indústria. Da obrigação de um ensino de ciências, não menos necessário que o ensino literário, não somente do ponto de vista prático, mas também do ponto de vista da cultura intelectual e moral, e que deve ser dado paralelamente.”²¹⁴

Esses discursos aparecem, em parte, nos livros sobre educação da época, como de Émile Boutmy, *Le Baccalauréat et l'enseignement secondaire*, de 1899, que cita: “...nenhuma matéria deve ser ensinada superficialmente, deve ser ensinada com amplitude...e previsão científica”.²¹⁵ Muitos desses livros falam da importância dos estudos das línguas modernas e das ciências no ensino secundário.

Observamos que esses cientistas, no final do século XIX e meados do século XX, priorizam a necessidade de um novo método de ensino das ciências, principalmente as ciências físicas e químicas, no ensino francês. Segundo Berthelot, a ciência forma espíritos livres, energéticos e conscientes, sendo mais eficaz que toda a educação literária e retórica, pois conduz ao hábito de raciocinar, refletir sobre as coisas, ao respeito pela verdade e pelas leis.²¹⁶ Era o que se pregava ser importante nessa época e observado nas discussões nas comissões de ensino.

Com um ensino de ciências sendo oferecido nas escolas com carga horária reduzida e sem o seu valor dentro do currículo da época, os cientistas discutiam o tempo destinado a esse ensino e pretendiam mudar o método de ensino de ciências. Passados cinco anos da reforma de ensino de 1902, temos um grupo de cientistas e professores colocando essas ideias em prática, a Cooperativa de Ensino, um ensino voltado para as práticas com aulas nos laboratórios, desenvolvimento da

²¹⁴ Berthelot, *Science et Morale*, 125.

²¹⁵ Boutmy, *Le Baccalauréat et l'enseignement secondaire*, 63.

²¹⁶ Berthelot, *Science et Morale*, 121.

sensibilidade artística, através de visitas aos museus e passeios ao ar livre, preparando as crianças para os exames de *Baccalauréat*.

Essas ideias, compartilhadas com os demais professores, refletem-se nas atividades desenvolvidas na Cooperativa de Ensino. Entretanto, após dois anos de trabalho, os cientistas envolvidos nesse projeto resolveram encerrar as atividades da cooperativa, devido ao intenso trabalho de pesquisa nos laboratórios, que consumia a maior parte do tempo. Observamos, através das cartas trocadas entre as mães, que Isabelle Chavannes e Irène Curie continuaram com aulas individuais ministradas por Henriette Chavannes e Mme Curie em suas casas. Irène Curie finalizou seus estudos secundários no *Collège de Sévigné*, em Paris e entrou na *Faculté des Sciences*. Em 1935 ganhou o Prêmio Nobel de Química juntamente com o marido Frédéric Joliot-Curie pelo estudo da radioatividade artificial.

Denise-Ève Curie (1904-2007), a outra filha do casal Curie, não participou do mesmo sistema escolar que a irmã. Fez as primeiras classes do colégio, em seguida realizou todos os cursos propostos do nível secundário. Segundo a mãe, a menina tornou-se uma boa aluna trabalhando de modo satisfatório em todos os domínios.²¹⁷

Embora reconhecendo o valor de Mme Curie por seus trabalhos de laboratório e suas aulas de física dadas na *Sorbonne* e na Cooperativa de Ensino, esse estudo mostrou-nos que Paul Langevin teve um papel fundamental no que diz respeito ao método utilizado na cooperativa, por todo seu envolvimento nas discussões sobre o ensino de ciências francês e sua participação nas comissões de ensino, no decorrer da primeira metade do século XX.

Sabemos que no final do século XIX já se discutia a respeito da importância do ensino das ciências no sistema de ensino francês, mas foi na primeira metade do século XX que essa discussão intensificou-se. Na

²¹⁷ Curie, *Esquisse autobiographique* - Pierre Curie, 37.

época, a Cooperativa de Ensino desempenhou papel fundamental para expor as ideias de um grupo importante de cientistas em relação ao método alternativo de ensino de ciências, discutidos nas comissões. Mais do que uma simples experiência pedagógica, a Cooperativa de Ensino teve um papel político significativo nas discussões da época.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os documentos oficiais da reforma de ensino de 1902, em especial os *Documents officiels relatifs à la réforme de l'enseignement secondaire*, observamos a preocupação da comissão responsável pela reforma em inserir as línguas consideradas modernas, como o alemão e o inglês, e também as disciplinas de ciências, como física e química, na grade curricular do ensino secundário. A discussão nas comissões de ensino que antecedeu a reforma revelou a importância dada a preparar a criança para o exame de *Baccalauréat* e a prosseguir seus estudos superiores.

Mesmo após a reforma de 1902, os debates sobre o ensino clássico e o moderno, a importância dos estudos das línguas mortas (grego e latim) e as vivas (alemão e inglês) continuaram em diversas comissões. Os cientistas Berthelot, Langevin e Poincaré participaram dessas comissões e, em seus comentários, citaram o método que deveria prevalecer nas escolas secundárias. Criticaram o método utilizado nas escolas para ensinar as ciências, acreditavam em um ensino prático, capaz de levar a criança a refletir e questionar sobre os fenômenos naturais e a realizar experimentos, necessários para a aquisição do conhecimento científico, assim as preparando também para as necessidades da sociedade.

Langevin defendia ideia de progresso na ciência, principalmente quando falava da importância da História da Ciência, comentando sobre os fatos ocorridos no passado em uma ordem cronológica e, até mesmo, enaltecendo o trabalho de “grandes cientistas”.²¹⁸

Também observamos que a participação desses cientistas nas comissões de ensino teve como objetivo debater sobre o método de ensino de ciências, que deveria ser utilizado nas escolas francesas.

²¹⁸ Langevin, *Pensamento e acção*, 169.

Cogniot, em “Recordando Paul Langevin”, comenta sobre a relação entre Paul Langevin e Berthelot:

“A sua concepção da educação do homem – à elaboração da qual consagrou um cuidado considerável, como os antigos materialistas franceses, como Marx mais tarde e em geral como todos os humanistas, de Goethe e Romain Rolland-, procedia também em parte de Berthelot e ostentava com orgulho essa filiação e o progresso decisivo que os racionalistas modernos realizam, na teoria da educação, relativamente aos seus antecessores.”²¹⁹

A análise das obras de Berthelot, *Science et philosophie*, *Science e morale* e *Science et éducation*, permitiu-nos compreender a relação existente entre as ideias dos cientistas debatidas nas comissões de ensino, assim como o que eles pretendiam no ensino de ciências. Henri Poincaré e Paul Langevin foram influenciados pelas ideias de Berthelot que, como vimos neste trabalho, estavam presentes em seus discursos. Paul Langevin citou Berthelot em conferência proferida em 1931 no *Musée Pédagogique*, em Paris, como podemos observar no trecho abaixo:

“Esse ensino, que deve desenvolver o espírito da criança por meio do contato com a realidade e inculcar-lhe o sentido de um esforço coletivo e contínuo da nossa espécie, possui não só um interesse especificamente científico, mas contribui também para a cultura moral e para a cultural geral. Berthelot insistia já nesse ponto

²¹⁹ Cogniot, “Recordando Paul Langevin”, In *Pensamento e ação*, 26.

em 1890, quando se estabeleceram os programas do Ensino moderno.”²²⁰

A Cooperativa de Ensino surgiu no meio dessa discussão para reforçar esses debates sobre o ensino clássico e o moderno e como seria dado o ensino de ciências às crianças.

Podemos observar o resultado alcançado na cooperativa nos discursos de Paul Langevin em conferências apresentadas na década de 1920 e quando presidiu a comissão de ensino, fazendo parte do projeto para a reforma de ensino juntamente com Wallon.²²¹ Langevin, diante da comissão para a reforma do Ensino, em 1944, expõe, como já citado anteriormente, o que acreditava ideal para o ensino de ciências:

“A escola deve unir-se à natureza e à vida, sair frequentemente das paredes da classe para aí voltar carregada de observações e de experiências, enriquecer-se por meio de reflexões e meditações, iniciar-se no registro, na expressão, na representação de coisas vistas, vividas, ou sentidas. Deve permanentemente sentir-se solidária com esse mundo exterior para cujo acesso prepara.”²²²

As aulas de Mme Curie na cooperativa mostram-nos o que esses cientistas acreditavam ser necessário nas escolas primárias e secundárias, os questionamentos, a teoria e os experimentos. Podemos constatar essas ideias também nas aulas de física dadas por ela na *Sorbonne* e em seus livros destinados aos cursos de física: *Traité de Radioactivé* (1910) e *Radioactivité* (1935).

A análise dos documentos originais situados em um contexto histórico, político e social auxiliou-nos a compreender as ideias desse

²²⁰ Langevin, *Pensamento e acção*, 188.

²²¹ *Ibid.*, 27.

²²² *Ibid.*, 209.

grupo de cientistas sobre o ensino de ciências nas escolas francesas no final do século XIX e início do século XX. Fica clara também a coerência entre o discurso e as aulas ministradas por eles. Este trabalho não tem a pretensão de ser definitivo, pelo contrário, abre a possibilidade para um maior aprofundamento nos diversos tópicos tratados aqui.

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. *O que é história da ciência*. 3ª ed. São Paulo: Brasiliense, 2001.
- _____, Márcia Helena Mendes Ferraz & Maria Helena Roxo Beltran. “A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: Uma longa rota cheia de percalços”. In *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*, org. Ana Maria Alfonso - Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 49-73. São Paulo: Educ; Fapesp; Livraria da Física, 2004.
- _____, & Safa Abou Chahla Jubran. “A completa abordagem dos cenários de laboratório na literatura alquímica”. In *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*, org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 11-38. São Paulo: Educ; Fapesp, 2002.
- _____. “Centenário Simão Mathias: Documentos, Métodos e Identidade da História da Ciência”. *Circumscribere: Internacional Journal for the History of Science*. V. 4 (2008): 5-9. <http://revistas.pucsp.br/index.php/circumhc/article/view/679/925> (acessado em 18 de agosto de 2009).
- André, João Paulo. “As conversas de Jane”. *Departamento/Centro de Química, Universidade do Minho*. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/22327/1/As%20conversas%20de%20Jane.pdf> (acessado em 31 de outubro de 2013).
- Arce, Alessandra. “Os Pedagogos da Primeira Infância: Pestalozzi e Froebel – uma análise de suas obras educacionais”. <http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe2/pdfs/Tema4/0472.pdf> (acessado em 19 de maio de 2013).

Association Française pour l'avancement des sciences. Compte Rendu de la 40^{ème} session. Dijon, 1911. *Notes et Mémoires*, Tomo 4. Paris: Mm Masson et Cie, 1912.

Association pour l'Enseignement Secondaire des Jeunes filles. Paris: Imprimerie Nationale, 1910.

Aulard, François-Alphonse. *Conférence faite a la Sorbonne. L'Enseignement Secondaire et La République.* Paris: Au Siège de la Ligue de l'Enseignement, 1899.

Baldinato, José Otávio, & Paulo Alves Porto. "Jane Marcet e *Conversations on Chemistry*: divulgando a Química no início do século XIX". VII *Enpec* (nov. 2009). <http://www.iq.usp.br/palporto/BaldinatoPortoEnpec2009.pdf> (acessado em 07 de outubro de 2013).

Belmar, Antonio Garcia, & Jose Ramon Bertomeu Sanchez. "French Chemistry Textbooks, 1802-1852: New Books for New Readers and New Teaching Institutions". In *Communicating Chemistry: Textbooks and their Audiences, 1789-1939*, ed. Anders Lundgren, & Bernadette Bensaude-Vincent, 57-90. Canton: Science History Publications; Watson Publishing International, 1999.

Beltran, Maria Helena Roxo. "O laboratório e o ateliê". In *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*, org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 39-60. São Paulo: Educ; Fapesp, 2002.

_____. "Receitas, experimentos e segredos". In *O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações*, org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 65-91. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; Fapesp, 2006.

_____, Beltran, Nelson, & Tonetto, S. R. "Imagens da Química no Início dos séculos XX e XXI". In *Congresso Luso-Brasileiro de*

História das Ciências. Livro de Actas. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011: 468-478.

Bensaude-Vincent, Bernadett. "La place des réflexions sur l'école dans l'oeuvre de Paul Langevin". In *Paul Langevin et La Réforme de l'Enseignement*. Grenoble: 2010: 15-22. www.pug.fr/extract/show/2395. (acessado em 19 de maio de 2013).

_____, & Liz Libbrecht. "A public for science. The rapid growth of popularization in nineteenth century France". *Réseaux*, V. 3, N. 1 (1995): 75-92. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/reso_0969-9864_1995_num_3_1_3290. (acessado em 19 de maio de 2013).

Berthelot, Marcellin. *Science et Libre Pensée*. Paris: Calmann Lévy, 1905.

_____. *Science et Morale*. Paris: Calmann Lévy, 1897.

_____. *Science et Philosophie*. Paris: Calmann Lévy, 1886.

_____. *Science et Éducation*. Paris: Société Française d'Imprimerie et de Librairie Legêne, Oudin et C., 1901.

Bertucci, Roberlei Alves. "O positivismo na teoria descritivista de Bloomfield". *UEPG Humanit. Sci., Appl. Soc. Sci., Linguist., Lett. Arts*, 16 (jun. 2008): 67-82.

Bourgeois, Léon. *L'Éducation de la Démocratie Française: Discours prononcés de 1890 a 1896*. 2ª ed. Paris: Édouard Cornély et Cie, 1904.

Boutmy, É. *Le Baccalauréat et l'enseignement secondaire (Projets de Réforme)*. Paris: Armand Colin & Cie, 1899.

Candian, Débora Cássia; & Alessandra Arce. "As ideias educacionais de Pestalozzi e Froebel no contexto educacional da antiga escola normal de São Carlos: uma análise dos periódicos Excelsior (1911-

1916) e Revista da Escola Normal de São Carlos (1916-1923)". *Cadernos da Pedagogia*. Universidade Federal de São Carlos, Ano 5, V. 5 N. 9, (jan-jun. 2011): <http://www.cadernosdapedagogia.ufscar.br/index.php/cp/article/viewFile/322/143>. (acessado em 19 de maio de 2013).

Charpentier-Morize, Micheline. *Jean Perrin (1870-1942) Um savant, une époque, Jean Perrin 1870-1942 Savant et Homme politique*. Paris: Belin, 1997.

Chavannes Isabelle. *Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes*. Trad. Waldyr Muniz Oliva. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

Compère, Marie-Madeline. "La tardive constitution de l'enseignement des humanités comme objet historique". *Histoire de l'éducation. Les Humanités Classiques*. N. 74 (1997): 187-203. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/hedu_0221-6280_1997_num_74_1_2915. (acessado em 19 de maio de 2013).

Comte, Auguste. *Appel aux conservateurs*. Paris: Chez l'auteur e Chez Victor Dalmont, 1855.

_____. *Cours de Philosophie Positive*. Tomo 1. Paris: Rouen Frères, 1830.

_____. *Cours de Philosophie Positive: extrait à l'usage des candidats aux baccalauréts (leçons I, II, III e X)*. Paris: Librairie CH Delagrave, 1905.

_____. *Curso de filosofia positiva; Discurso sobre o espírito positivo; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista*; trad. José Arthur Giannotti e Miguel Lemos. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

_____. *Discours sur l'ensemble du positivisme*. Paris: Société Positiviste Internationale, 1907.

- Congrès International des Sociétés Laïques d'Enseignement Populaire*. Paris: H. Bouillant, 1900.
- Couyba, Charles-Maurice. *Classiques et Modernes: La Réforme de l'Enseignement Secondaire*. Paris: Ernest Flammarion, 1901.
- Curie, Ève. *Madame Curie*. 27^a ed. Paris: Gallimard, 1938.
- Curie, Irène. *Archives de Irène Curie. Fortune d'Irène em fonction des jours depuis le 2 décembre 1908*. I. 43. *Institut Curie*.
- _____. *Archives Joliot-Curie: Ginette Gablot e Hélène Langevin-Joliot. "Musée et archives de l'Institut du Radium: Pierre et Marie Curie, Frédéric et Irène Joliot-Curie"*. UMS 6425, *Institut Curie* (CNRS – IN 2P3), Jan. 2004. I. 38. *Institut Curie*.
- _____. *Notes Manuscrites sur l'Enseignement Scientifique (1954-1956)*. I. 16. *Institut Curie*.
- _____. *Participation au Conseil d'administration*. I. 30. *Institut Curie*.
- _____. *Vie Moderne et éducation*. I. 14. *Institut Curie*.
- Curie, Madame P. *Traité de radioactivité*. Tomo 1. Paris: Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire, 1910.
- _____. *Radioactivité*. Tomo 1. Paris: Hermann & Cie, Éditeurs, 1935.
- _____. *Esquisse autobiographique - Pierre Curie*. Varsóvia: Dom Wydawniczo-Promocyjny GAL, 2006.
- _____. Mme Sklodowska. "The history my life". *The Delineator*. Nova Iorque: Butterick & Co, (jan a mar, 1922).
- _____. "Recherches sur les substances Radioactives". Tese de Doutorado em Ciências Físicas. *Faculté des Sciences de Paris*. Paris: Gauthier-Villars, 1903.
- _____. *Recherches sur les substances Radioactives*. 2^a ed. Paris: Gauthier- Villars, 1904.

- _____, Marie. *Marie Curie et ses filles: Lettres*, ed. Hélène Langevin-Joliot, & Monique Bordry. Paris: Pygmalion, 2011.
- _____, & Irène Curie. *Marie [et] Irène Curie, correspondance: choix de lettres (1905-1934)*, org. Gillete Ziegler. Paris: Éditeur Français Réunis, 1974.
- _____. *Documents et caracteres prive. Journal de Marie Curie après la mort de Pierre Curie*, 1906, f. 8-9. NAF 18516, MF 4300. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Notes diverses après 1900 (Notes prises aux cours de Jean Perrin et de Mme Curie – 16/11/1911)*, org. Paul Valéry. f. 36-82. NAF 19123, MF 3439. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Œuvres et travaux scientifiques. Cours de M. Sarrou, Sorbonne*, 1882. NAF 18365, MF 4302. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance. Manuscrits Marie Curie: Opinion sur Le 'Surmenage Scolaire'*, 1929. NAF 18435, MF 2674. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance*. NAF 18436, MF 2675. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance. La guerre 1914-1918*. NAF 18437-18438, MF 2662. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance. Henriette Perrin*, f. 159- 168. NAF 18460, MF 2657. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance. Curie (Marie) Correspondance XXIII (Wailley-Zive)*. NAF 18465, MF 2661. *Bibliothèque Nationale de France*.
- _____. *Papiers et correspondance*. NAF 18474, MF 2672. *Bibliothèque Nationale de France*.

- Danne, Jacques. *Le Radium as préparation et ses propriétés*. Paris: Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1904.
- Day, C.R. "Science, applied science and higher education in France 1870-1945: an historiographical survey since the 1950s", *Journal of Social History*, 26, 2 (1992): 367-384.
- Dear, Peter R. "Towards a genealogy of modern science". In *The mindful hand: inquiry and invention from the late Renaissance to early industrialization*, org. Lissa Roberts, Simon Schaffer, & Peter Dear. Amsterdam: History of Science and Scholarship in the Netherlands, 2007.
- Documments officiels relatifs à la reforme de l'enseignement secondaire.*
- 1^o Circulaire Du 19 juillet 1902 relative au plan d'études. 2^o Circulaire du 23 juillet 1902 relative à l'enseignement de l'histoire et La géographie em 1902-1903. Arrêté ministériel du 28 juillet 1902 relatif aux époques. Paris: Librairie Nony et Cie, 1902.
- Dolan, Brian. "The Language of Experiment in Chemical Textbooks: some examples from Early Nineteenth – Century Britain". In *Communicating Chemistry: textbooks and their audiences, 1789-1939*, ed. Anders Lundgren, & Bernadette Bensaude-Vincent, 141-164. Canton: Science History Publications; Watson Publishing International, 1999.
- Dreifuss, Jean-Jacques, & Natalia Tikhonov Sigrist. "Les Conversations sur la Chimie (1806) de Jane et Alexandre Marcet". *Revue Medicale Suisse*. V. 6, N. 244 (2010): 776-778. <http://rms.medhyg.ch/numero-244-page-776.htm> (acessado 07 de outubro de 2013).
- Dumon. *Leçons sur l'Électricité*. L'école d'Application de l'Artillerie et du Génie. Cours de Sciences Appliquées. Paris: Librairie Militaire R. Chapelot et Ce, 1900.

Dupin, Charles. “Effets de l’Enseignement populaire de la lecture, de l’écriture et de l’arithmétique, de la géométrie et de la mécanique, appliquées aux arts, sur les prospérités de la France”. *Conservatoire des Arts et Métiers* (Nov. 1826). <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k110299j.r=Charles+Dupin+Effets+de+l%27enseignement+populaire.langPT> (acessado em 21 de outubro de 2012).

Ferraz, Márcia Helena Mendes. “O trabalho prático no laboratório de química na Universidade de Coimbra: séculos XVIII e XIX”. In *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*, org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 115-140. São Paulo: Educ; Fapesp; Comped; Inep, 2002.

Galuch, Maria Terezinha Bellanda. “Sobre as finalidades das disciplinas escolares: o ensino de ciências na escola pública do século XIX”. *Revista HISTEDBR*, N. 17, (mar, 2005): 24-32. http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/revis/revis17/art03_17.pdf (acessado em 19 de maio de 2013).

Goldfarb, Warren. “Poincaré against the Logicians”. http://www.mcps.umn.edu/philosophy/11_2goldfarb.pdf (acessado em 20 de janeiro de 2014)

Gutierrez, Laurent; & Catherine Kounelis. “Paul Langevin et la Réforme de l’Enseignement”. Paris: Seminário em ESPCI, 2009.

Hulin, Nicole. “Études sur l’histoire de l’enseignement. Revue d’histoire des sciences”. Tomo 43, N. 4, (1990): 477-480. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rhs_0151-%20%20%20%20%20%20%20%20%20%204105_1990_num_43_4_4507 (acessado em 19 de maio de 2013).

_____. “Faire une histoire de l’enseignement scientifique. Le cas de la physique en France, du XIXe siècle à nos jours”. *Didaskalia*, N. 2,

(1993): 61-72.

http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/20185/DIDAS_KALIA_1993_2_61.pdf;jsessionid=FEAEF640B8DB9F7FA30AE5C9319EE73E?sequence=1 (acessado em 19 de maio de 2013).

_____. *L'Enseignement de la physique: d'une reforme à l'autre, 1802-1980*. Lyon: INRP, 2007.

_____. *Les femmes et l'enseignement scientifique – Science, histoire et Société*. 1ª ed. Paris: Presses Universitaires de France, 2002.

Judd, Charles H. "Education". *American Journal of Sociology*, V.38, 6 (maio 1933): 922-930.

L'Université. Bulletin de la Société pour l'Étude des Questions d'Enseignement Secondaire. Paris: Journal des question d'instruction publique. N. 10 e 24, (maio e Nov., 1884).

La Revue de l'Enseignement des Sciences. 2ª Ano. Paris: Librairie H. Le Soudier. N. 11, (Jan, 1908).

Lacerda, Gustavo Biscaia. "Elementos estáticos de teoria política de Auguste Comte: as pátrias e o poder temporal". *Revista de Sociologia e Política*, 23 (Nov. 2004): 63-78.

Langevin, Paul. *Pensamento e acção*. Trad. F. Neto. Lisboa: Seara Nova, 1974.

Le Bon, Gustave. *Psychologie de l'Éducation*. 3ª ed. Paris: Eret Flammarion, 1910.

Leygues, Georges. *L'École et la vie*. Paris: Calmann Lévy, 1903.

Lima, João Francisco Lopes de. "Pestalozzi: o Romantismo e o nascimento da Pedagogia Social". *Ciências & Letras. Porto Alegre*: N. 47, (Jan-Jun, 2010): 123-135. <http://seer1.fapa.com.br/index.php/arquivos> (acessado em 19 de maio de 2013).

- Lima, Otavio Pereira. "Higiene e vestuário no início do século XX: algumas ideias de Afrânio Peixoto". Dissertação de Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.
- Lugol, P. *Leçons élémentaires de Chimie a l'usage des classes de l'enseignement secondaire*. Paris: Librairie Classique Eugène Belin/Belin Frères, 1903.
- Marbo, Camille. *A travers deux siècles. Souvenirs et rencontres (1883-1967)*. Paris: Éditions Bernard Grassit, 1967.
- Marcet, Jane. *Conversation on Chemistry; in Which the Elements of that Science are familiarly explained and illustrate by experiments*. 2 ed. V. I e II. Londres: Longman, Hurst, Rees e Orme, Paternoster Row, 1807.
- _____. *Scenes in Nature, or, Conversations for children on land and water*. Juvenile Series, V. VII. Boston: Marsh, Capen, Lyon, & Webb, 1840.
- Michel, Henry. *Notes sur l'Enseignement Secondaire*. Paris: Librairie Hachette et Cie, 1902.
- Ministère de l'éducation nationale*, <http://www.education.gouv.fr/cid143/le-baccalaureat.html> (acessado em 18 de janeiro de 2014).
- Minet, A; Trotin, A. *Notions elementaires de Sciences Physiques et Naturelles à l'usage des Élèves de trois cours des Écoles Primaires (garçons et filles)*. Paris: Librairie Ch. Delagrave, 1902.
- Niewenglowski, G.-H. *Le Radium*. Paris: Charles Mendel, 1904.
- Paty, Michel. "Introdução a três textos de Einstein sobre a geometria, a teoria física e a experiência". *Scientiae Studia*, V. 3, N. 4 (2005): 641-62.

_____. “La réception de la théorie de la relativité au Brésil et l’influence des traditions scientifiques européennes”. *Archives Internationales d’Histoire des Sciences*, 49, N. 143 (1999): 331-368.

_____. “Paul Langevin (1872-1946), la relativité et les quanta”, *Bulletin de la Société Française de Physique*, N. 119 (mai 1999): 15-20.

Pflaum, Rosalynd. *Marie Curie et la fille Irène deux femmes, trois Nobel*. Trad. Francine de Martinoir. Paris: Pierre Belfont, 1992.

Poincaré, Henri. *O valor da ciência*. Trad. Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

_____. *La science et l’hypothèse*. Col. Claude Pariot. Rueil-Malmaison: La Bohème, 1992.

_____. *La valeur de la science: oeuvres philosophiques*. Paris: Ernest Flammarion, s/d.

_____. *Les sciences et les humanités*. Paris: Arthème Fayard, 1911.

_____. *Science et méthode*. Paris: Flammarion, s/d.

_____. *La logique et l’intuition dans la science mathématique et dans l’enseignement*, 157-162. <http://www.univ-nancy2.fr/poincare/bhp/pdf/hp1899ema.pdf> (acessado em 29 de outubro de 2013).

Revue Philosophique de la France et de l’Étranger. Ano 28, 55. Paris: Félix Alcan, (jan-juin, 1903).

Ribot, Alexandre. *Quatre Années d’opposition. Discours politiques. 1^o tomo*. Paris: Librairie Plon; Plon-Nourrit et Cie, 1905.

Rollet, Laurent. “Henri Poincaré – Vulgarisation scientifique et philosophie des sciences”. *Philosophia Scientiæ*, tome 1, n^o 1 (1996): 125-153. http://archive.numdam.org/ARCHIVE/PHSC/PHSC_1996__1_1/PHSC_1996__1_1_125_0/PHSC_1996__1_1_125_0.pdf (acessado em 20 de janeiro de 2014).

- _____. *Henri Poincaré et la vulgarization scientifique*. Archives – Centre d'Études et de Recherche Henri-Poincaré, Université de Nancy; Groupe d'Étude et de Recherche sur les Sciences de l'Université Louis Pasteur, 1994.
- Rosenfeld, Louis. "The Chemical Work of Alexander and Jane Marcet." *Clinical Chemistry* 47, N. 4 (2001): 784-792.
- Roussy, Baptiste (1856-1926). *Éducation domestique de La femme et rénovation sociale*. Paris: Librairie Delagrave, 1916.
- Sedeño, Eulalia Pérez. "Ciência, valores e guerra na perspectiva CTS". In *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e Discussões historiográficas*, org. Ana Maria Alfonso - Goldfarb, & Maria Helena Roxo Beltran, 201-229. São Paulo: Educ; Fapesp; Livraria da Física, 2004.
- Société pour l'instruction élémentaire (France)*. *Journal d'Éducation* Tomo 6, 3º Ano, N. 7 (1818). Paris: Chez L. Colas.
- Tardieu, Ambroise. *Entretiens sur la chimie, d'après les méthodes de MM. Thénard et Davy*. Paris: Boulland et Cie., 1826.
- Telkes, Eva. "Présentation de la faculté des sciences et de son personnel, à Paris (1901-1939)". *Revue d'histoire des Sciences*. Tomo 43, N. 4 (1990): 451-476. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rhs_0151-4105_1990_num_43_4_4505 (acessado em 19 de maio de 2013).
- Tonetto, Sonia Regina. "Vida de cientista: um estudo sobre a construção da biografia de Mme Curie (1867-1934)". Dissertação de Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.
- Trindade, Laís dos Santos Pinto. "História da Ciência na sala de aula: Conversando sobre Química". *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*. V. 1 (2010): 16-22.

Union des professeurs de physique et de chimie (France). Bulletin de l'Union des Physiques, n. 229, 1929.

Vaucher, Emmanuel-Séraphim-Désiré, & Jean Macé. *Cercle Parisien de La Ligue Française de l'Enseignement. Enquête sur l'obligation, la gratuité et la laïcité de l'enseignement primaire*. Paris: Imprimerie Centrale des Chemins de fer, A. Chaix et Cie, 1880.

Zanatta, Beatriz Aparecida. "O método intuitivo e a percepção sensorial como legado de Pestalozzi para a geografia escolar". *Cad. Cedes*, vol. 25, n. 66, (maio/ago. 2005): 165-184, <http://www.cedes.unicamp.br> (acessado em 19 de maio de 2013).

ANEXO

Capítulo 2

Langemann chez lui	géométrie Calcul	} solides construits en carton
M ^r Ecole phys et chimie	physique	
J. Perrin Labo sorbonne	Chimie	} nous faisait goûter les acides
M ^r Perrin	Histoire Français	
M ^r Chevannes	Anglais allemand	} cherchons en allemand
M ^r Mouton	Sciences Nat	
M ^r Magron	Médulage	
M ^r : Algèbre à Smollet et moi, plus la		

Fig. 1 – Manuscrito de Irène Curie: Professoras e disciplinas na Cooperativa de Ensino. *Archives de Irène Curie: Fortune d'Irène en fonction des jours depuis le décembre 1908. Institut Curie (1908).*