

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

PUC-SP

Decio Hermes Cestari Junior

Paul Langevin: ciência, educação e difusão do conhecimento

DOUTORADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

São Paulo

2020

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

PUC-SP

Decio Hermes Cestari Junior

Paul Langevin: ciência, educação e difusão do
conhecimento

DOUTORADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

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

São Paulo

2020

Banca Examinadora

*À minha família, pelo apoio irrestrito
em todos os momentos.*

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.”

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”

Agradecimentos

Minha especial gratidão à Profa. Dra. Maria Helena Roxo Beltran, minha orientadora durante o mestrado e o doutorado. Foram quase oito anos de convivência sempre com preciosas contribuições e confiança que me permitiram concluir esse trabalho.

Aos professores José Luiz Goldfarb e Andrea Bortolotto pelas importantes contribuições durante a qualificação.

Aos meus colegas de Doutorado em História da Ciência pelos momentos de convívio e preciosos momentos de trocas.

Aos meus colegas da EMEF Carlos Augusto Queiroz Rocha pelas palavras de apoio e confiança.

A minha família sempre presente e compreensiva que sempre trouxe a paz necessária.

A Sonia Regina Tonetto, por caminhar ao meu lado.

A Deus, por guiar meu coração e mente. Por povoar meu caminho com pessoas que me ajudaram a crescer.

Quando chegamos ao final dessa etapa de nossa jornada acadêmica, atingindo o nível de doutorado, é quase impossível lembrar-se de todos os que contribuíram, de uma forma ou de outra, para que fosse possível chegar até aqui. Minha eterna gratidão a todos.

Resumo

Autor: Decio Hermes Cestari Junior

Título: Paul Langevin: ciência, educação e difusão do conhecimento

Este trabalho tem como objetivo analisar as ideias a respeito do ensino científico no início do século XX, em particular a atuação de Paul Langevin, que participou ativamente das discussões com diferentes segmentos da sociedade francesa. O estudo foi desenvolvido a partir da análise dos registros dos pronunciamentos de Langevin que, desde o início do século XX, debateu com cientistas, filósofos e educadores a respeito da importância do ensino de ciências. O envolvimento de diversos cientistas franceses nas discussões a respeito do ensino científico foi além das questões técnicas e metodológicas. A neutralidade da ciência e o papel do cientista na sociedade foram colocados em questão. Foi um período especialmente complexo, no qual ocorreram as duas Grandes Guerras, a ascensão do socialismo e o início da Guerra Fria. Langevin participou ativamente dos debates políticos e epistemológicos, especialmente nas discussões sobre as chamadas 'crises da física' decorrentes dos novos campos de estudo focalizando o eletromagnetismo, a relatividade e a mecânica quântica. Escolhemos como estudo de caso a atuação de Langevin, pois, foi o intelectual que, sob a influência de diversas correntes de pensamento, desenvolveu uma epistemologia própria e sempre esteve no 'epicentro' desses importantes debates, além de levá-los também ao ensino e à divulgação científica.

Palavras-Chave: História da Ciência; História da Ciência e Ensino; Divulgação científica; Paul Langevin; Epistemologia

Abstract

Author: Decio Hermes Cestari Junior

Title: Paul Langevin: science, education and the diffusion of knowledge

This paper aims, as its main objective, to analyze the ideas about the scientific education in the early 20th century, in particular, the contribution of Paul Langevin, who participated actively in the discussions with different segments of the french society. The study was developed from the analysis of the records of pronouncements from Langevin who, since the early 20th century, has debated with scientists, philosophers and educators about the importance of teaching science. The involvement of several french scientists in the discussions about the scientific education went beyond the technical and methodological matters. The neutrality of science and the role of the scientist in the society were called into question. It was an especially complex period, in which the two World Wars, the rise of socialisms and the beginning of the Cold War took place, as Langevin actively participated in the political and epistemological debates, especially discussions about the so-called 'physics crises,' born from the new fields of study focusing on electromagnetism, relativity and quantum mechanics. We chose as a case study Langevin's role because he was the intellectual who, under the influence of several schools of thought, developed an epistemology of his own and was always at the epicenter of these important debates, as well as bringing them to education and scientific dissemination.

Keywords: History of Science; History of Science and Education; Scientific Dissemination, Paul Langevin, Epistemology

Sumário

Introdução..... 01

Capítulo I

Paul Langevin e o Ensino Científico..... 04

Capítulo II

A difusão do conhecimento científico: Paul Langevin e a campanha relativista..... 44

Capítulo III

As concepções de ciência na primeira metade do século XX: Paul Langevin e a crise da física..... 69

Considerações finais..... 99

Bibliografia..... 103

Introdução

Durante a segunda metade do século XIX o sistema educacional francês mostrou-se inadequado para as exigências da sociedade. As indústrias em expansão necessitavam de profissionais preparados para ocupar as funções técnicas e administrativas. A sociedade começou a reivindicar maior espaço na grade curricular para o ensino científico nos anos finais do ensino secundário. Entretanto, para aumentar a quantidade de aulas de ciências era necessário alterar um currículo voltado predominantemente para a formação daqueles que viriam a ocupar posições de destaque na sociedade. Era, portanto, uma escola adequada para a elite. Nesse contexto de significativas e rápidas mudanças sociais houve várias reformas no sistema de ensino, algumas 'modernizantes', outras 'conservadoras'. Foi um momento no qual não se discutia apenas um modelo de educação, mas um modelo de país.

No primeiro capítulo deste trabalho abordamos o ensino científico na França. Analisamos as questões que estavam em discussão nas reformas educacionais da segunda metade do século XIX, relacionadas ao ensino de ciências. A partir da compreensão desse contexto, estudamos a grande reforma educacional do ensino francês de 1902. Mais do que uma análise do conteúdo dessas reformas, nosso objetivo foi compreender o papel de um personagem social que ganhou representatividade no cenário europeu no decorrer do século XIX e início do século XX: o cientista. Nesse sentido escolhemos três cientistas de gerações diferentes que participaram ativamente das discussões a respeito do ensino: Marcelin Berthelot, Henri Poincaré e Paul Langevin.

Berthelot, o mais velho dos três, participou dos debates das reformas que antecederam a reforma geral de 1902, propondo o aumento das aulas de ciências e a preparação do estudante para o trabalho nas indústrias. Poincaré também defende o ensino de ciências e a preparação para o trabalho, entretanto, preocupou-se com a cultura geral do estudante, principalmente quanto ao domínio do idioma francês. Paul Langevin, o mais jovem dos três,

procurava um equilíbrio entre o ensino que ele chamou de 'utilitário' e o ensino 'educativo', o primeiro voltado apenas para a aplicação do conhecimento científico, principalmente nas indústrias, o segundo seria somente 'a ciência pela ciência' transformando o conhecimento científico em mera curiosidade. As ações de Langevin na área da educação continuaram até pouco antes de sua morte, em 1946, quando presidia a comissão que elaborou a reforma Langevin-Wallon.

A preocupação de Langevin com a socialização do conhecimento científico levou sua atuação para além dos espaços formais de educação, a fim de conhecermos melhor essa parte do trabalho, no segundo capítulo desta tese analisamos as ações de Langevin direcionadas à divulgação científica. A partir da análise da 'campanha relativista', período no qual Langevin esteve envolvido na divulgação da teoria da relatividade, pudemos compreender melhor as divergências, científicas e filosóficas, entre os cientistas da época. As palestras em congressos de filosofia e pronunciamento para cientistas demonstram o interesse de Langevin pela difusão do conhecimento científico entre os intelectuais. No segundo capítulo encontramos também a obra pela qual Langevin tinha maior apreço, a revista *La Pensée*. Foi com esse periódico que o cientista conseguiu atingir o grande público, levando os principais debates e as mais recentes pesquisas científicas para o público em geral. Também com o mesmo objetivo, ele apresentou programas de rádio para divulgação científica por meio de palestras, sempre com o cuidado em usar a linguagem adequada.

A forma de pensar a ciência e o papel do cientista na sociedade é evidenciada na atuação de Langevin na educação formal e nas suas ações de divulgação científica. Para compreender como o cientista 'pensava' sua própria área de atuação, analisamos no terceiro capítulo deste trabalho os aspectos da epistemologia de Paul Langevin e como suas ideias dialogavam com outras formas de pensamento que predominavam naquele período. Por meio da análise de seus pronunciamentos, observamos referências ao materialismo dialético e críticas à abordagem dos neopositivistas. Essa epistemologia permeia os três capítulos da tese.

Escolhemos os pronunciamentos de Paul Langevin como estudo de caso, devido à atuação do cientista em diferentes segmentos da sociedade francesa e seu envolvimento nos principais debates científicos, filosóficos e políticos do período. Foi pelo estudo do contexto no qual Langevin desenvolveu seu trabalho que percebemos que ele foi 'um homem de sua época' e, por meio da análise de seu trabalho, buscamos entender o papel que a ciência desempenhou naquele período.

Capítulo I

Langevin e o Ensino Científico

Sociedade e educação na França na segunda metade do século XIX

Na segunda metade do século XIX a França discutia intensamente seus currículos de ensino, principalmente os utilizados no ensino secundário, que passava por uma “crise de identidade”.¹ Diversas reformas, por vezes contraditórias, sucederam-se: as reformas de 1872, 1880, 1884 e 1890 valorizavam o ensino dito ‘clássico’, as de 1881 e 1886 apresentavam características consideradas “modernas”. O que ocorria na verdade era uma disputa entre concepções tradicionalistas e reformadoras.² É claro que nem todos se encaixavam nos extremos, ou seja, havia os tradicionalistas que aceitavam e até defendiam algumas modificações e reformadores moderados.

Os tradicionalistas defendiam a manutenção de um ensino secundário considerado ‘elitista’ pelos reformadores. A preocupação principal dos tradicionalistas era manter o aluno em contato com os chamados ‘ideais elevados’, inspirando o senso de dever cívico, preparando moral e intelectualmente o jovem para ocupar as posições superiores na sociedade. O ensino clássico era direcionado para a cultura geral, privilegiando o estudo do Grego e do Latim. Dedicava pouco tempo para os estudos de ciências e das línguas vivas. Os reformadores defendiam uma escola mais acessível, que refletisse a democratização pela qual a sociedade passava na época e

¹ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 373.

² Ibid.

respondesse às necessidades da industrialização também crescente. A ênfase no ensino científico era a essência da proposta da maioria dos reformadores.³

A origem desses debates foi o desacordo crescente entre a educação formal e as novas exigências da sociedade. A crise de identidade a que nos referimos anteriormente surge das então recentes necessidades econômicas, políticas e sociais que impuseram outro tipo de “cultura geral”, assim, paralelamente ao ensino clássico dominado pelas “humanidades antigas”, foi organizado um ensino secundário “moderno”, dominado pelas “humanidades francesas” acrescida de uma parte de ciências (já especificada na legislação da época), como expresso no seguinte trecho legal de 1854:

“... se aos alunos da seção de ciências cabe um ensino de literatura sério, não seria menos importante também aos alunos da seção de letras receberem um ensino científico...”⁴

Com a reforma Fortoul, também conhecida como a reforma da ‘bifurcação’, a França passa a ter um ensino secundário longo dividindo-se, nos anos finais, entre letras e ciências e um ensino secundário curto, sem o ensino de latim, voltado para formar os profissionais da indústria e comércio. A bifurcação visava preparar os estudantes para o *Baccalauréat* de ciências ou para o *Baccalauréat* de letras.⁵ O ensino de ciências proposto era direcionado para as exigências da indústria da época. Langevin comenta a respeito dessa reforma em seu pronunciamento em 1926:

³ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 374.

⁴ Fortoul, “Instruction générale sur l’exécution du plan d’études des lycées ” (1854).

⁵ O *Baccalauréat* foi criado em 17 de março de 1808. O exame fornecia um diploma ao final do ensino secundário e permitia o acesso ao ensino superior. Inicialmente os estudantes realizavam esse exame com no mínimo 16 anos. O exame tinha apenas provas orais sobre autores gregos e latinos, retórica, história, geografia e filosofia. O conteúdo do exame foi modificado ao longo do tempo. Com a reforma de 1902, o *Baccalauréat* sofreu uma adequação ao conteúdo do ensino secundário. O aluno poderia escolher entre o exame clássico e o exame moderno. Atualmente o *Baccalauréat* ainda é o exame aplicado no final do ensino secundário, dividido em três tipos: geral, tecnológico e profissional. A respeito do *Baccalauréat* vide *Ministère de l’éducation nationale*, [HTTP://www.education.gouv.fr/cid/143/le-baccalaureat.html](http://www.education.gouv.fr/cid/143/le-baccalaureat.html) (acessado em 15 de dezembro de 2019).

“... em 1852 as ciências experimentais foram introduzidas nos programas, mas unicamente com o objetivo utilitário, aparentemente tínhamos o desenvolvimento do senso crítico que seria a origem de um ensino de ciências comprometido e adaptado a cultivar o espírito...”⁶

Em 1864 a ‘bifurcação’ foi suprimida da legislação francesa. Entretanto, foi a reforma de 1852 que, ao introduzir o ensino de ciências, deu as características ‘utilitárias’ a esse ensino. Características que permaneceram quase inalteradas durante a segunda metade do século XIX, podendo ser observadas ainda de forma consistente na reforma de 1890.⁷

Em 1890 aparece uma proposta de reforma de ensino com o objetivo de acabar com o dualismo e adotar a ideia de uma escola única com ‘as bases do saber que convém ao cidadão moderno’. Introduzir as ‘Humanidades novas’, sem o latim e o grego, com mais tempo para o ensino de ciências. Era fundamental que o aluno conhecesse o ‘método’ dessas ciências, seus processos rigorosos de observação e experiência. O conhecimento e a prática das leis da indução.⁸ Essa reforma não atingiu esse objetivo, pois o ensino secundário permaneceu dividido em dois níveis: o ensino secundário propriamente dito, igual para todos e o ensino secundário superior diversificado conforme as opções futuras do estudante. Veremos mais a frente que um dos objetivos da reforma de 1902 foi de unificar de fato todo o ensino.⁹

⁶ Langevin, “La valeur éducative de l’histoire des sciences”, 08.

⁷ Hulin, “A propos de l’enseignement scientifique”, 243-4.

⁸ Hulin, “Culture et Utilitarisme”, 169.

⁹ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 373.

Ciência, industrialização e progresso: referências para a educação.

Para melhor compreendermos os motivos que levaram os franceses a questionar o currículo tradicional e contestar instituições tão conservadoras como os liceus¹⁰, analisamos o contexto social, principalmente o europeu, no decorrer do século XIX. Russel em seu livro *História da filosofia ocidental* relata que esse foi um período agitado, no qual o desenvolvimento da produção industrial mudou a organização da sociedade permitindo-lhe pensar em novas relações com o mundo físico, ao mesmo tempo, a produção científica apresentava diversas conquistas.¹¹

No decorrer do século XIX as ideias positivistas de Augusto Comte (1789-1857) ganharam ainda mais sustentação com a industrialização crescente. A ‘crença’ na ciência e no progresso predominavam nos países industrializados da Europa. Não haveria limites às esperanças dos homens. O progresso é necessário e o sucesso origina-se da ilimitada capacidade criativa do homem em superar entraves provisórios.¹²

Paralelamente às discussões sobre a educação, a ciência na segunda metade do século XIX é caracterizada pelo interesse em experimentos e fenômenos nos quais se manifestava a emanção de radiações.¹³ William Crookes (1839-1919), ao criar vácuo dentro de um tubo de vidro e aplicar uma diferença de potencial entre dois eletrodos, conseguiu observar que se formava uma luz muito forte dentro do tubo, mais tarde denominada: ‘raios catódicos’. A partir desse trabalho diversos experimentos começaram a ser realizados com equipamentos semelhantes, buscando identificar a natureza desses raios e analisar seu comportamento em diferentes situações. Disso resultou, por exemplo, a descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) e a identificação do que conhecemos hoje como “elétrons”, por Joseph John

¹⁰ Liceus eram escolas onde se ministrava os anos finais do ensino secundário. Criados em 1802 por Napoleão Bonaparte para formar a ‘elite da nação’, o ensino originalmente era o ‘clássico’ e apenas para meninos. A partir de 1880 foram criados os Liceus para meninas.

¹¹ Russel, *História da filosofia ocidental*, 277.

¹² Rossi, *Naufrações sem espectador*, 96.

¹³ Bortolotto et al., “Dissecando a matéria”, 120-2.

Thompson (1856-1940). Já no começo do século XX os resultados das pesquisas com raios catódicos e a descoberta dos raios X desencadearam uma série de trabalhos que resultaram na observação de fenômenos radioativos por Henri Becquerel (1852-1908) e nos trabalhos sobre a radioatividade por Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906). Na mesma perspectiva de “dissecar a matéria”, havia um importante debate entre ‘atomistas’ e ‘equivalentistas’ discutindo importantes questões químicas da época, principalmente a questão do atomismo.¹⁴

Em meio a toda essa efervescência, a ciência, com sua contribuição para a técnica, sustenta a aparente ideia de um progresso cumulativo e contínuo que supostamente contribuiria para a melhoria da qualidade de vida. Um contexto no qual o Positivismo, com suas diferentes interpretações, encontrou *habitat* adequado para se tornar a filosofia preponderante, tanto no meio acadêmico quanto fora dele.

O jornal oficial da câmara dos deputados registra em 1902 um debate no qual um parlamentar defende a mudança nos objetivos da educação, citando que um país com 40% da população trabalhando nas indústrias, agricultura e negócios, não poderia formar jovens apenas para as profissões liberais, deveria prepará-los também para a vida econômica.¹⁵

Os cientistas debatendo a educação

A ‘modernização’ do sistema de ensino estava diretamente relacionada com a modificação do currículo, isso incluía o aumento da carga horária do ensino de ciências. Essa relação entre modernidade e ciências conferia aos cientistas a autoridade, técnica e moral, necessária para opinar sobre o assunto. Abordaremos as ideias de alguns desses cientistas que se

¹⁴ Bortolotto et al., “Dissecando a matéria”, 119.

¹⁵ Gispert, “L’enseignement des mathématiques”, 01.

destacaram nesses debates, entre eles: Marcelin Berthelot, Lucien Poincaré, Henri Poincaré e Paul Langevin.

Marcelin Berthelot (1827-1907) participou ativamente da vida social na França no final do século XIX e início do século XX. Foi um químico importante em seu período e um político atuante. Foi eleito senador e ocupou destacados cargos na administração pública francesa, foi ministro da instrução pública e ministro das relações exteriores. Também produziu importantes obras em História da Ciência entre 1885 e 1889, nesse período ele publicou a tradução de uma coleção de manuscritos alquímicos.¹⁶ Na área de educação Berthelot participou das discussões a respeito da modernização do ensino. Direcionou suas críticas principalmente ao ensino clássico, que tinha ênfase no ensino de línguas antigas (grego e latim). Era direcionado aos jovens das classes sociais mais altas, preparava-os para assumirem posições de liderança na sociedade. Conforme relata Berthelot, seria o idioma, a cultura e o diploma, que “certificariam” a distinção social desses jovens. Com uma abordagem influenciada pelo positivismo, predominante entre os reformistas da época, Berthelot defendia uma abertura do ensino secundário com o abandono do formalismo retórico e uma maior atenção ao ensino científico. Ainda na última década do século XIX, Berthelot defendeu a ideia de uma “ciência educadora”.

¹⁶ Entre os trabalhos publicados por Berthelot em História da Ciência encontramos *Les origines de l'achemie* (1885), *Collection des anciens alchimistes greges* (1887-1888), *Introduction à l'étude de la chemie des anciens et du moyen age* (1889), *La revolution chemie: Lavoisier* (1890), *Histoire des sciences: la chemie au moyen age* (1893) e *Archéologie et histoire des sciences* (1906). Muitas dessas traduções ainda são as únicas realizadas para línguas modernas. Sobre a contribuição de Berthelot para a 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.

“...A educação científica nos eleva acima de nossa própria personalidade pelas concepções e pelo poder que resultam do conhecimento das leis naturais; ensina-nos que esse conhecimento pode ser adquirido e perpetuamente implementado [...] indefinidamente pelos esforços individuais de todos os homens civilizados...”¹⁷

Berthelot afirmava que a ciência é verdadeiramente educadora, não só no âmbito moral e intelectual, como nos assuntos de ordem material.¹⁸

O ideário positivista aqui se manifesta no comentário de “...esse conhecimento pode ser adquirido e implementado indefinidamente pelos esforços individuais de todos os homens...”. De acordo com Paolo Rossi, esse é um elemento da ideia de progresso, constituída a partir do século XVII e que tem o desenvolvimento da ciência como produto.¹⁹ Tal progresso também era representado pela industrialização que demandava profissionais preparados para os novos desafios. Berthelot destacava a importância da Física e da Química essenciais para as indústrias da época.²⁰

“... a física e a química asseguram ao homem um poder crescente sobre a natureza. Elas substituíram o trabalho braçal limitado do indivíduo sobre as forças da natureza [...] elas aumentam indefinidamente a riqueza e o bem estar universal...”²¹

Henri Poincaré (1854-1912), matemático e físico francês foi outro cientista que participou dos debates, embora com uma frequência menor do

¹⁷ Berthelot, *Science et éducation*, 2.

¹⁸ Berthelot, *Science et morale*, 370.

¹⁹ Rossi, *Naufrações sem espectador*, 98.

²⁰ Berthelot, *Science et libre pensée*, 26.

²¹ Ibid.

que a de Berthelot. Defendeu a importância das línguas antigas. Para ele, o idioma francês ensinado de forma direta seria suficiente para a comunicação cotidiana, mas não atenderia às necessidades requeridas para expressar e compreender conceitos matemáticos e científicos. As nuances da língua fazem a diferença. Poincaré cita como exemplo o caso do inspetor geral do ensino público, M. Vacquant, que ao questionar um aluno da turma do ensino moderno a respeito de um conceito matemático, observou que, apesar do aluno realizar corretamente os exercícios propostos, ele não soube explicar corretamente o conceito envolvido na resolução, pois atribuía à palavra “multiplica” o mesmo sentido da expressão “ser multiplicado por”. Apesar das exaustivas explicações do professor tentando mostrar as diferenças, ele não compreendeu. Vacquant complementa: “...numa turma de letras não teria acontecido nada semelhante”. O erro matemático poderia acontecer, mas o aluno logo compreenderia a explicação do professor devido a sua formação em latim e grego e a consequente melhora que isso traria na compreensão do idioma francês.²²

“... quem não está acostumado com essa ginástica das palavras, ‘multiplica’ ou ‘é multiplicado’ [...] representa a vaga ideia de multiplicação. E com essa ideia vaga, o matemático não pode fazer nada...”²³

A caminho da reforma de 1902

Entre 1866 e 1891, o tempo dedicado ao ensino de ciências foi gradativamente sendo reduzido, de forma que, em 1891, nos anos iniciais não

²² Poincaré, *Ensaio fundamentais*, 256.

²³ *Ibid.*, 259.

ultrapassava 15% do total e nos anos finais, era aproximadamente 32%, como mostra o seguinte quadro construído por Belhoste:²⁴

% do tempo total	1866	1882	1886	1891
1º ano	39%	29%	19%	14%
2º ano	40%	37%	28%	13%
3º ano	44%	41%	36%	13%
4º ano	47%	41%	38%	31%
5º ano	--	38%	41%	32%
6º ano	--	--	39%	12% a 51%

Tabela 1 - Evolução do tempo de ensino de ciências²⁵

A dicotomia entre um ensino voltado para a elite nos liceus e outra categoria de escola para as classes sociais que trabalhavam nas indústrias e comércio começa a ficar insustentável devido às manifestações crescentes de intelectuais pela democratização e modernização do ensino²⁶. Por volta de 1898 os franceses iniciam um debate, do qual participam diversos segmentos da sociedade, a respeito do futuro do ensino secundário. Tratou-se de uma análise profunda que envolveu não apenas o conteúdo que deveria ser ensinado e os métodos, mas principalmente quais seriam a missão e as regras de funcionamento das escolas envolvidas. A Câmara dos Deputados criou a “Comissão do Ensino Secundário” para discutir o tema. O presidente dessa comissão foi Alexandre Ribot (1842-1923), um parlamentar “republicano moderado”²⁷. Foi dessa comissão que se originou a base da futura reforma.

Ribot iniciou os trabalhos da comissão constituída no final de 1898 com uma enquete da qual participaram mais de duzentas personalidades de diferentes áreas, entre elas: intelectuais, políticos e religiosos, de dentro e de

²⁴ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 376.

²⁵ Ibid., 377.

²⁶ Gispert, “L’enseignement des mathématiques”, 01.

²⁷ O termo ‘republicano moderado’, em contraste ao “republicano radical”, era utilizado naquele período (3ª república) para designar os políticos considerados inicialmente de ‘esquerda’, que posteriormente deram origem ao que ficou conhecido como ‘direita republicana liberal’, representavam a média burguesia liberal. Os ‘republicanos radicais’ representavam a pequena burguesia e, mais a esquerda, havia o movimento trabalhista e os socialistas.

fora das universidades. Com essa enquete foi possível conhecer as diferentes opiniões e propostas que resultaram em um levantamento estatístico, o qual orientou as decisões da comissão. No que concerne à matemática e às ciências, as respostas convergiram para as ‘humanidades científicas’, que junto com as línguas vivas, o ensino do francês moderno e da literatura, indicou o interesse desses representantes da sociedade francesa pelas ‘humanidades modernas’. As respostas também direcionaram para o valor ‘utilitário’, tanto da matemática quanto das ciências, consideradas matérias aplicadas.²⁸ Havia uma quase unanimidade na comissão quanto à necessidade de adaptar o ensino secundário às realidades modernas, entretanto havia divergência quanto às medidas a serem adotadas. Podemos citar como exemplo dessas divergências a reivindicação dos intelectuais de esquerda, que eram minoria na comissão e reclamavam pela volta do monopólio governamental e da democratização do ensino por meio da gratuidade, tema que não tinha apoio de outros grupos que faziam parte da comissão.²⁹

Naquele período, o Ministro da Instrução Pública era Georges Leygues (1856-1933). Ele defendia que os estudos clássicos e científicos poderiam se relacionar sem conflitos, munindo os estudantes de ideal e conhecimento positivo.³⁰ Leygues conduziu, juntamente com Ribot, a reforma de 1902.

A proposta dos envolvidos na reforma foi a de fazer uma “fusão” dos ensinos clássico e moderno, para isso, os programas de ensino foram revistos e corrigidos. As disciplinas científicas, abordadas de forma limitada e marginal durante o século XIX são elevadas ao mesmo nível de importância dada ao ensino de línguas antigas e literatura, tratadas com destaque até então. Com a unificação da estrutura escolar o objetivo foi acabar com essa distinção.³¹

Os argumentos vitoriosos indicaram a necessidade de uma reforma que adaptasse o ensino secundário ao mundo moderno. Esses mesmos

²⁸ Gispert, “L’enseignement des mathématiques”, 02.

²⁹ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 382.

³⁰ Leygues, *L’école et la vie*, 207.

³¹ Gispert, “L’enseignement des mathématiques”, 01.

argumentos deram o caráter positivista à reforma, aumentando a carga horária do ensino de ciências e melhorando a qualidade da formação dos jovens para o trabalho na indústria, símbolo do progresso e do bem estar social. Surge então, em 1902, a reforma geral, denominada *Reforma Georges Leygues*. No início de 1904 a reforma já estava sendo aplicada nos primeiros ciclos de ensino. O vice-reitor da Academia de Paris, Louis Liard (1846-1917), fez um pronunciamento no museu pedagógico de Paris para professores do ensino secundário. Nesse pronunciamento ele abordou os princípios da reforma referentes ao ensino de ciências. Sobre a importância do ensino científico ele comentou:

“... no ensino secundário, os estudos científicos devem contribuir, assim como os demais, para a formação do homem. Eles são, ao seu modo, ‘humanidades’ e no sentido mais amplo da palavra, eles são ‘humanidades científicas’ [...] o seu ofício próprio é o de descobrir e compreender a verdade positiva, observação, comparação, classificação, experiência, indução, dedução, analogia. Despertar e desenvolver o senso de realidade ...”³²

Liard foi um filósofo que atuou de forma importante nesse debate. Propôs uma reflexão a respeito dos ‘métodos’ de ensino de ciências empregado até então. Ele relata que o professor deveria abordar o aspecto ‘utilitário’ do conhecimento científico, necessário já que a ciência modifica a cada dia a vida das pessoas, mas não deveria esquecer o aspecto no qual a ciência contribui para a “formação dos espíritos”.³³ A respeito desse aspecto da reforma, Langevin relata:

³² Liard, “Conférence de Louis Liard”, 626.

³³ Ibid.

“...Com a introdução das ciências físicas no ensino médio, um duplo objetivo foi alcançado: finalidade educacional e finalidade utilitária. Foi considerado proveitoso para o desenvolvimento intelectual examinar os métodos e resultados da pesquisa experimental, do trabalho da mente para assimilar gradualmente a realidade...”³⁴

As principais características provenientes dessa reforma conservaram-se quase inalteradas, até o início dos anos 1950.³⁵ Entretanto, em 1923, a câmara dos deputados predominantemente conservadora vota uma nova reforma no ensino. Exclui o ensino secundário moderno dos liceus, o latim volta a ser obrigatório, retomando assim o maior destaque para as humanidades clássicas. O objetivo principal dos liceus volta a ser a formação clássica da elite francesa. Conseqüentemente, houve uma diminuição das horas destinadas ao ensino de Ciências e Matemática.³⁶

A ação pedagógica: os cientistas professores

A adequação do ensino às propostas da reforma não se consolidaram facilmente. O principal motivo foi a resistência das instituições educacionais que estavam entre as mais conservadoras da sociedade francesa. Os Liceus (Lycée) franceses foram criados por Napoleão Bonaparte em 1802 para formar a elite intelectual da nação. Conforme Belhoste são instituições direcionadas à elite, com raízes profundas.³⁷

Numa reação contra esse conservadorismo, e que reflete o envolvimento político dos cientistas na área da educação, foi a criação do que ficou

³⁴ Langevin, “L’esprit de l’enseignement scientifique”, 01.

³⁵ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 372.

³⁶ Gispert, “L’enseignement des mathématiques”, 02.

³⁷ Belhoste, “L’enseignement secondaire français”, 373.

conhecido como a “Cooperativa de Ensino de Marie Curie”.³⁸ Entre 1907 e 1908, Marie Curie (1867-1934) e um grupo de cientistas criaram uma espécie de escola informal na qual participaram um grupo de aproximadamente dez alunos com idades que variavam de 7 a 13 anos, em sua maioria filhos dos cientistas envolvidos nesse projeto. Cada um dos cientistas envolvidos lecionava uma disciplina. Marie Curie lecionava Física, Jean Perrin lecionava Química e Paul Langevin era responsável por Geometria e Cálculo.³⁹

Não encontramos referências diretas de Paul Langevin sobre sua atuação na cooperativa de ensino. Entretanto, em uma conferência na Sociedade Pedagógica Francesa, em 1931, ele relata sua atuação ‘experiência pessoal’ com o ensino de ciências com jovens de 12 a 15 anos, e o sucesso em utilizar o trabalho prático.

“...é no período de doze a quinze anos que deve ocorrer a segunda etapa de iniciação, é o momento que corresponde à aquisição do conceito de leis e relação entre causa e efeito, estabelecendo conexões necessárias entre os fatos. Momento cujo conhecimento nos permite agir sobre as coisas e antecipar eventos. Vi pessoalmente que esse ensino, baseado o mais amplamente possível no trabalho prático, é admiravelmente bem-sucedido com crianças dessa idade...”⁴⁰

Nascido em 1872, na cidade de Paris, em uma família modesta do bairro de Montmartre, seu pai foi um *ouvrier métreur-vérificateur*, um trabalho na construção civil que envolvia medições e estimativas de materiais e preços. O bairro no qual Langevin foi criado esteve no epicentro do evento chamado de

³⁸ Vide referências em Sonia Regina Tonetto, disponível em <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/13292/1/Sonia%20Regina%20Tonetto.pdf>

³⁹ Detalhes metodológicos e conteúdos das aulas de Marie Curie podem ser encontrados no livro publicado em 2007 com o registro das aulas feito por uma de suas alunas: *Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes*.

⁴⁰ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 04.

Comuna de Paris, ocorrido algum tempo antes dele nascer. Seus pais acompanharam o desenrolar de todo o conflito e desde cedo o cientista conheceu a desigualdade social e os movimentos populares para combatê-la.

“... meu pai e minha mãe, testemunhas oculares do cerco e da sangrenta repressão da Comuna [...] ensinaram-me, com seus relatos do horror e da violência, a desejar apaixonadamente a justiça social...”⁴¹

Frequentou o ensino secundário e a graduação em meio aos debates e às reformas educacionais do final do século XIX. Comenta com entusiasmo que: “Tive a sorte de iniciar minha carreira científica no período extremamente ativo que sucedeu à descoberta dos raios de Roentgen”⁴², o que também demonstra a influência do contexto científico sobre o jovem estudante. Terminou seu doutorado em Física em 1902, mesmo ano da reforma.

Diversas subcomissões foram criadas após 1902 com o objetivo de adequar o currículo das escolas, o material didático e a forma de ensinar às exigências do documento. Langevin fez parte da *subcomissão de ciências físicas*, encarregada da revisão dos programas de ensino, conforme orientava a reforma educacional de 1902. Bensaude-Vincent relata que desde 1904, Langevin demonstra um interesse apaixonado tanto no seu trabalho como físico, quanto pela didática das ciências.⁴³

Foi nesse período, no qual Langevin tecia duras críticas aos manuais de física e ao modo dogmático com que ensinavam ciências nas escolas, que ele se uniu a Marie Curie na Cooperativa de Ensino. Apesar de Langevin definir-se como um ‘físico experimental’, ele não restringia seu trabalho ao laboratório. A atuação dele nos movimentos relacionados com a educação formal e com a difusão e a disseminação do conhecimento fez parte de sua rotina até 1946,

⁴¹ Langevin, *Pensamento e ação*, 43.

⁴² *Ibid.*, 23.

⁴³ Bensaude-Vincent, Langevin: *Science et Vigilance*, 51.

ano de sua morte. Paul Langevin atuou nos debates sobre educação com a mesma dedicação que fazia quando discutia sobre ciência e sociedade. Para Langevin tratava-se da mesma luta.⁴⁴

Conhecedor do material didático utilizado no ensino de Física, tanto pelo fato de, na época, ser professor, como pelo fato de ter sido membro da subcomissão da reforma, Langevin referia-se à metodologia dos manuais de física como sendo ‘dogmática’ e ‘estática’. Fernande Seclet-Riou, que foi secretária geral do *Grupo Francês de Educação Nova* relata que Langevin não concordava com a ideia de uma ciência construída de verdades absolutas e intangível.⁴⁵ Langevin afirmava:

“... os conhecimentos atuais são apresentados de uma forma dogmática: aprendemos a lei, as formas que traduzem essas leis, depois seu manuseio [...] essa tendência leva à ‘deformação dogmática’ que manifesta-se cada vez que a finalidade é unicamente utilitária...”⁴⁶

Em 1904, Langevin manifestou-se em uma conferência no *Museu Pedagógico Francês* a respeito das práticas do ensino de ciências. Nessa conferência intitulada “L’esprit de l’enseignement scientifique”, ele faz uma crítica forte contra os cursos e manuais de física do ensino secundário.

“... uma característica dominante desses manuais de Física é a justaposição [de informações] sem a perspectiva dos fatos e das leis de um ponto a outro da obra [...] o enunciado da lei aparece não se sabe de onde...”⁴⁷

⁴⁴ Labérenne, *Pensamento e Ação*, 26.

⁴⁵ Seclet-Riou, “Paul Langevin Éducateur”, 01.

⁴⁶ Langevin, “La valeur éducative de l’histoire des sciences”, 02.

⁴⁷ Langevin, “L’Esprit de l’enseignement scientifique”, 20.

Nos exemplos citados por Langevin para criticar a metodologia empregada nesses manuais, os enunciados “estão acima de toda verificação”, portanto teriam caráter dogmático. Os manuais são repletos de nomes e datas seguidos de uma sequência interminável de leis e princípios, a forma como a história da ciência é apresentada nada mais é do que uma acumulação de experiências.⁴⁸ Langevin queria mostrar a importância das hipóteses e teorias no desenvolvimento da ciência. A evolução pelas contradições e sínteses. A proposta de ensino desses manuais era completamente diferente das práticas utilizadas na Cooperativa de Ensino que valorizava a experimentação e estimulava a curiosidade dos estudantes, essa metodologia apresentava uma ciência acabada, estática.

Como apoio à sua tese Langevin cita o físico Lucien Poincaré (1862-1920), primo do matemático e físico Henri Poincaré. Lucien Poincaré, que também fez parte da subcomissão de ensino de física e compartilhava com Langevin as críticas aos manuais. Langevin comenta que Lucien Poincaré considerava que:

“... a apresentação é feita geralmente de forma dogmática, o enunciado da lei aparece não se sabe de onde e o físico adota uma atitude de simples verificação. Menos mal quando a verificação não constata que a lei não era rigorosa e o dogma requer um reparo contrário...”⁴⁹

A principal crítica de Lucien Poincaré se referia à forma como os experimentos eram tratados nesses manuais. Os experimentos eram indicados somente para verificar as leis apresentadas anteriormente, algumas vezes

⁴⁸ Bensaude-Vincent, Langevin: *Science et Vigilance*, 55.

⁴⁹ Langevin, “L’Esprit de l’enseignement scientifique”, 02.

aparecia somente a descrição da aparelhagem. “...então resta ao aluno apenas a descrição complicada de aparelhos...”⁵⁰

Como exemplo dessa mesma prática, Langevin cita a forte resistência dos liceus às possíveis modificações. Ele criticou a forma como eram as aulas nos liceus, nas quais os professores enunciavam os princípios de forma desconexa e solicitavam aos alunos que apenas ‘decorassem’.⁵¹

“...[o ensino secundário] menos elástico, onde as oscilações são simultaneamente mais amplas e mais lentas, parecem ter se mantido até hoje fiéis a sua tendência clássica, especulativa e crítica...”⁵²

Para Langevin, a orientação para o ensino de ciências estaria relacionada à sua concepção de cultura geral. Faria parte da formação geral do homem, da sua preparação para a vida em todas as suas formas.⁵³ Langevin entendia cultura geral como:

“... tudo aquilo o que, independentemente da especialização profissional, prepara o jovem para o contato com a realidade: realidade material das coisas, realidade moral e psicológica dos homens...”⁵⁴

A dicotomia: educativo / utilitário

As discussões a respeito dos objetivos do ensino de ciências estão presentes nas reformas educacionais do final do século XIX. O objetivo, a metodologia e o conteúdo deveriam ser direcionados para preparar os alunos

⁵⁰ Langevin, “L’Esprit de l’enseignement scientifique”, 03.

⁵¹ Bensaude-Vincent, Langevin: *Science et Vigilance*, 52.

⁵² Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 39.

⁵³ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 01.

⁵⁴ *Ibid.*, 02.

para o mercado de trabalho ou deveria priorizar um enriquecimento cultural. A prioridade seria a técnica ou a teoria. Na segunda metade do século XIX a relação entre a ciência e a técnica era um assunto recorrente, principalmente devido à industrialização crescente na França. Não se trata apenas de duas concepções diferentes do ensino de ciências, a oposição feita entre 'cultura desinteressada' e 'saber utilitário' traz à tona duas importantes questões: a constituição ou não de uma 'escola única' e qual seria o lugar da 'técnica' na cultura científica.⁵⁵ Langevin comenta a respeito da abordagem utilitarista no ensino:

“... essa situação atual na educação e nas ciências tem causas históricas, ou mais exatamente políticas, que é essencial destacar se queremos entender a situação atual e remediá-la. [...] as 'humanidades científicas' foram a base do ensino nas 'Escolas Centrais' criadas em 1794 e suprimidas em 1802...”⁵⁶

Langevin se refere ao período da revolução francesa e da formação das 'escolas jacobinas', formadas a partir das ideias do Marquês de Condorcet (1743-1794) de penetração do mundo físico pela razão humana. Essas escolas foram suprimidas no período Napoleônico. Desde então o ensino teria voltado aos estudos do grego e do latim, complementado por noções vagas de ciências. Permaneceu inalterado até a Segunda República (1848-1852). A reforma da 'bifurcação' de 1852 formalizou o ensino de ciências com caráter utilitário. “...nada de essencial mudou desde então...”⁵⁷ Langevin afirma:

⁵⁵ Hulin, "Culture et utilitarisme", 1.

⁵⁶ Langevin, "La contribution des sciences physiques", 04.

⁵⁷ Ibid., 05.

“...As sucessivas crises enfrentadas por nossa educação secundária nos últimos oitenta anos não têm outra origem; elas se devem ao fato de que nossos programas atuais ainda estão imbuídos dessa desconfiança da ciência e dessa concepção utilitária que temos dela...”⁵⁸

A reforma educacional de 1902 traz uma abordagem ambígua nesse sentido. Langevin identificou nesse documento dois objetivos distintos: ‘educativo’ e ‘utilitário’. O objetivo que ele classificou como ‘educativo’ direcionava a uma formação para a cultura geral, para jovens que continuariam seus estudos nos cursos superiores. O ensino classificado como ‘utilitário’ seria direcionado para a preparação do jovem para o trabalho. Essa divisão foi prontamente criticada por Langevin.

A abordagem utilitarista propunha a resolução prática de problemas com a aplicação de fórmulas que eram apresentadas prontas para o aluno para aplicá-las de forma mecânica. Tratava-se de um amontoado de fatos que o aluno dificilmente retém, justamente pela falta de vínculos que os articulasse no conjunto. Além disso, o estudante seria incapaz de acompanhar as modificações contínuas e bruscas da indústria da época. Mais do que o predomínio da vertente utilitarista do ensino, Langevin condenava a proposta de dois ensinamentos de ciência distintos, um especulativo e outro prático, um que privilegiasse o método, outro que se contentasse apenas com os resultados. Perderiam ambos os lados se não fosse considerado o equilíbrio que preservasse o caráter específico da ciência e a sua unidade. Pela sua própria natureza o ensino de ciências deve ser homogêneo.

Em vários trechos de seu *L’esprit de l’enseignement scientifique*, Langevin critica essa dicotomia. Assim, por exemplo, ao se referir ao ensino educativo, afirma:

⁵⁸ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 05.

“... o aluno que procure na ciência apenas a cultura terá a impressão de que os físicos são crentes de uma espécie singular, que se contentam em olhar nas lunetas e construir curvas de uma forma tão dispersa quanto inútil...”⁵⁹

Não seria diferente para aquele que procurasse na ciência apenas a sua parte ‘útil’, que pudesse ser aplicada na indústria. Em suas palavras:

“... quanto ao futuro técnico, ele sai carregado de uma coleção de leis e de fórmulas [...] sem saber o porquê nem em que sentido [...] úteis hoje, inúteis amanhã devido às modificações contínuas e bruscas das indústrias atuais...”⁶⁰

Assim, Langevin discutia como tornar o ensino de ciências mais sintético e mais vivo, satisfazendo simultaneamente as exigências múltiplas da cultura e da ação.⁶¹

“... gostaria de explorar de que maneira seria possível tornar o ensino científico mais sintético e mais vivo, satisfazendo as múltiplas demandas da cultura e da ação [...] Limitamos o horizonte, perdemos de ambos os lados por não manter um equilíbrio exato que mantém a ciência, ensinando seu próprio caráter e sua utilidade...”⁶²

Langevin acreditava que dessa forma se forneceria ao futuro técnico uma ferramenta segura “fácil de reparar”. Quando souber como se fabrica, o

⁵⁹ Langevin, “L’Esprit de l’enseignement scientifique”, 3.

⁶⁰ Ibid., 03. Nesse trecho do pronunciamento, Langevin utiliza o termo ‘geralmente falsas’ ao se referir às fórmulas ensinadas na escola, pois algumas não podem ser aplicadas diretamente na prática nas indústrias. Um dos exemplos são os cálculos dos gases ideais. Não aprofundaremos aqui esse assunto.

⁶¹ Langevin, “L’Esprit de l’enseignement scientifique”, 03.

⁶² Ibid., 01.

próprio técnico saberá como se atualizar. É somente a ideia de uma ciência em perpétuo movimento que pode e deve incitar os jovens à pesquisa científica. Cabe ao cientista adaptar o pensamento aos fatos, não seria diferente, na perspectiva de Langevin, para o ensino.

“... temos que voltar de algum modo à concepção de uma filosofia ao mesmo tempo natural e humana, na qual haja harmonia entre as três atitudes: científica, filosófica e humana. [...] a verdade de uma representação está relacionada a todos os fatos que ela tende a vincular...”⁶³

Langevin acredita que a atividade do físico se desenvolveria em três estágios: primeiro seria a observação dos fatos, em seguida a elaboração de leis que permitem a predição de fenômenos e terceiro, a compreensão e explicação, de modo que seriam as investigações científicas mais desinteressadas que teriam levado aos mais fecundos avanços da técnica.

“... para alcançar resultados novos e fecundos em matéria de técnica e de aplicações da ciência, é a investigação mais desinteressada, a mais afastada de qualquer utilidade imediata que por vezes se revela mais eficaz...”⁶⁴

O termo ‘eficaz’ se refere à aplicação do que foi desenvolvido nos laboratórios das indústrias em bens de consumo, como a telefonia e as transmissões de TV. Langevin não tinha dúvida que, do ponto de vista da ‘utilidade técnica’, a melhor política seria favorecer a investigação “mais pura e mais desinteressada”.⁶⁵ Como exemplo disso, Langevin comenta os trabalhos de Faraday e Ampère, cuja finalidade era analisar e compreender a natureza das manifestações elétricas e resultou em uma ampla gama de aplicações

⁶³ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 04.

⁶⁴ Langevin, “La valeur humaine de la science”, 05.

⁶⁵ Ibid.

técnicas. Não seria por meio de fórmulas prontas nem com os enunciados estáticos dos manuais de Física que essa concepção do ‘espírito’ da ciência chegaria aos estudantes. Seria necessário combater os dogmas e a fragmentação e para isso Langevin sugere o estudo e conhecimento da História da Ciência.

História da Ciência contra o dogmatismo

Informações sobre história da ciência nos manuais de Física não eram uma novidade na época de Langevin. Na metade do século XIX já se encontrava, na legislação específica, referências à introdução de história da ciência no ensino de ciências físicas.⁶⁶ Langevin reforçava esse aspecto:

“...para as ciências físicas, em particular, ele [o manual] muitas vezes se contenta em apresentar resultados, de forma dogmática e utilitária, sem mostrar como foram obtidos e como é possível superá-los. Esse método dificilmente consegue inserir o indivíduo na vida coletiva da humanidade...”⁶⁷

Para aprofundarmos nosso estudo a fim de esclarecer o que Langevin propunha, é necessário conhecer melhor o que o cientista entendia como “dogmático” e que tipo de história da ciência ele pensava em utilizar e como seria essa integração entre o ensino de ciências e a história da ciência.

Em seu texto “La valeur éducative de l’histoire des sciences”, de 1926, Langevin refere-se a sua própria experiência enquanto estudante:

⁶⁶ Hulin, “L’Histoire des sciences dans l’enseignemet scientifique”, 15.

⁶⁷ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 04.

“...Pessoalmente, se eu tivesse ficado com as impressões sentidas após as primeiras lições de ciência de meus professores, a quem, no entanto, guardo as melhores lembranças, se não tivesse tido um contato posterior ou diferente com a realidade, poderia ter pensado que a ciência estava pronta, que não havia mais nada a descobrir, enquanto mal estávamos na infância de conhecer o mundo exterior...”⁶⁸

Langevin relata que foi durante a graduação que ele conheceu a importância da história da ciência na educação. Ele relata que no tempo em que era aluno na *École Normal* seu professor solicitou a todos os alunos da sua sala que preparassem uma atividade na qual eles próprios teriam que ministrar uma aula para os demais colegas, a respeito de um tema da disciplina de Química. Seguindo uma escala determinada pelo professor, coube à Langevin preparar uma exposição sobre a água oxigenada. Inicialmente, como faria a maioria dos alunos, ele relata que utilizou os “manuais” que continham as diversas reações químicas possíveis da água oxigenada. Mas, refletiu que:

“...julgar que nada mais há que fazer do que extrair consequências de princípios definitivamente estabelecidos é uma ideia absolutamente falsa e que implica o risco de fazer perder todo o valor educativo ao ensino científico...”⁶⁹

Assim, Langevin não se contentou em apenas trabalhar o conteúdo desses manuais e apresentar as reações apenas com informações técnicas e factuais sobre a obtenção da água oxigenada e as diferentes aplicações industriais do produto. Ele classificou esse tipo de ensino como sendo uma educação ‘dogmática’. Para complementar o planejado de sua aula, Langevin

⁶⁸ Langevin, "La valeur éducative de l'histoire des sciences", 02.

⁶⁹ Ibid., 06.

buscou informações em publicações de Louis-Jacques Thénard (1777-1857). “...tive, portanto, o cuidado de me remeter às memórias de Thénard que descobrira a água oxigenada...”⁷⁰

Louis Jacques Thénard (1777-1857) foi um químico francês, conhecido principalmente por ter isolado o elemento químico ‘boro’ e pela descoberta da água oxigenada. Ele foi membro do *Institut Impérial de France*, professor da *École Impériale Polytechnique* e professor do *Collège de France*, entre outros cargos e funções que exerceu. Entre os textos lidos por Langevin provavelmente estão o *Traité de chimie élémentaire: théorique et pratique*, publicado em 1813, dedicado por Thénard ao “meu amigo Gay-Lussac” e o artigo *Observations sur des combinaisons nouvelles entre l’oxigène et divers acides*, de 1818, no qual ele relata os experimentos que o levaram a descobrir a nova substância. Langevin comenta suas impressões na leitura dos originais:

“...ao ler esses escritos admiráveis, velhos de um século, em que a própria linguagem é um verdadeiro regalo, apercebi-me de que as coisas mais interessantes, em particular a maneira como Thénard se encaminhara para a sua descoberta e as reflexões tão atuais e profundas sobre o mecanismo da oxidação, eram cuidadosamente omitidas nas informações de segunda mão que geralmente possuímos...”⁷¹

As ‘informações de segunda mão’ seriam os manuais e livros didáticos que ‘selecionam’ as informações que consideram relevantes para o tipo de publicação que está sendo elaborada. São características desses tipos de publicação que são destinadas a usos específicos, em sala de aula ou nos laboratórios químicos. Nesse sentido, os autores ‘filtram’ apenas as informações que consideram relevantes ao contexto no qual serão utilizados os

⁷⁰ Langevin, "La valeur éducative de l'histoire des sciences", 7.

⁷¹ Ibid.

livros. Com o passar do tempo, perde-se o contexto no qual o cientista desenvolveu seu trabalho, as possíveis incertezas das suas conclusões e, conseqüentemente, as etapas da construção daquele conhecimento.⁷²

Em outra oportunidade, em um pronunciamento no *Musée Pédagogique*, Langevin afirmou que esse não seria um caso isolado. Uma característica comum encontrada de ponta a ponta nos manuais de Física era a justaposição sem as perspectivas dos fatos e das leis.⁷³ A respeito disso Langevin relata:

“...é muito instrutivo verificar em que medida os fundadores de teorias novas, muito mais e melhor do que os seus continuadores e comentadores, se aperceberam das fraquezas e insuficiências dos respectivos sistemas...”⁷⁴

Os textos de Thénard, que teriam fascinado tanto Langevin, nos remetem ao início do século XIX. Esses trabalhos, “velhos de um século”, trazem conceitos importantes para a época, mas já em desuso no período em que Langevin teve acesso a eles. No prefácio do *Traité de Chimie Élémentaire: théorique et pratique*, Thénard relata que a obra será publicada em quatro tomos, os dois primeiros tratando dos corpos inorgânicos, o terceiro para corpos orgânicos e o quarto para descrever as análises químicas ou: “...os meios pelos quais possamos separar os principais constituintes desses corpos e determinar a proporção...”⁷⁵

A linguagem dessas obras, descritas por Langevin como um “regalo”, evidencia a concepção de ciência da época, nesse caso, da química. Mais do que se preocupar com a compreensão ou atualização dessa linguagem, é necessário entender o contexto no qual trabalhava Thénard e os químicos contemporâneos dele.

⁷² Langevin, "La valeur éducative de l'histoire des sciences" , 02.

⁷³ Langevin, "Le temps, l'espace et la causalité", 5-8.

⁷⁴ Langevin, "La valeur éducative de l'histoire des sciences" , 04.

⁷⁵ Thénard, *Traité de chimie*, 01.

Seguindo a leitura do mesmo texto, Thénard comenta sobre os corpos simples ou elementos e sobre os corpos compostos. Questões de coesão e afinidade que mantém a união das partículas e que influenciam no modo de separação. Langevin não aprofunda seus comentários em conceitos, ideias e termos que já estariam em desuso. Como no caso em que Thénard explica a existência dos “corpos imponderáveis”: o fluido do calor ou calórico, o fluido luminoso, o fluido elétrico e o fluido magnético. “...sua imponderabilidade torna sua existência duvidosa, seja o que for, nós falaremos como se fossem corpos reais...”⁷⁶ Esse tipo de citação, do próprio Thénard, mostra a ‘dúvida’ e a ‘insegurança’ as quais Langevin comentou que poderiam ser encontradas nos originais. Seriam essas partes dos comentários de Thénard que não apareceriam nos manuais das aulas de química citados por Langevin, nem em livros publicados posteriormente por discípulos ou comentadores. Nesse sentido, Langevin acreditava que seria pela leitura dos originais que o aluno compreenderia a ciência como uma construção.⁷⁷

Grande parte desse trabalho refere-se aos corpos imponderáveis, o comportamento do calórico, da luz etc. Ao que parece, Langevin se referia mais especificamente ao artigo no qual Thénard descreve os experimentos que o levaram à água oxigenada. No texto *Observations sur des combinaisons nouvelles entre l'oxigène et divers acides*, não há referência direta aos corpos imponderáveis, o cientista descreve com detalhes os procedimentos de laboratório, inicialmente com o tratamento do peróxido de bário com diversos ácidos. Procedimentos provavelmente semelhantes aos utilizados pelos químicos na época de Langevin e, portanto, compreensíveis tanto para os cientistas e professores quanto para os estudantes. Langevin defende o uso de documentos originais e, com esse material, mostrar que a ciência é dinâmica. Mesmo os grandes nomes da ciência não eram senhores absolutos do conhecimento.

⁷⁶ Thénard, *Traité de chimie*, 22.

⁷⁷ Observamos aqui a ingenuidade de Langevin ao propor a utilização de documentos originais com os alunos com o objetivo de compreender o contexto no qual se desenvolveu o trabalho estudado. Esse tipo de documento é imprescindível para o historiador da ciência, entretanto, utilizado de forma isolada em sala de aula, por um professor sem a formação em história da ciência, pode trazer um resultado contrário ao desejado.

Assim como atualmente procuramos compreender o contexto no qual os cientistas trabalham, precisamos também considerar a perspectiva historiográfica da época em que Langevin fez seus pronunciamentos. Na primeira metade do século XX, a história da ciência destacava os grandes feitos e grandes pensadores. Era comum selecionar apenas a parte dos trabalhos dos antigos que serviram como um suposto caminho para a ciência praticada então. Observamos isso nos comentários de Langevin a respeito dos escritos de Thénard, encantando-se com o trabalho de análise no laboratório, mas sem se aprofundar em conceitos teóricos vigentes na época. Para ele:

“...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...”⁷⁸

Em um pronunciamento feito em 1931 na *Société Française de Pédagogie*, Langevin afirma que era necessário ensinar de “uma forma histórica: devemos marcar o sentido do movimento e ensinar o respeito ao passado; porque é o passado que prepara e garante o futuro.”⁷⁹ Uma abordagem continuísta, mas com uma compreensão do contexto histórico que fica evidente neste exemplo:

“... damos uma ideia muito imprecisa do desenvolvimento da química limitando-nos a dizer que, antes de Lavoisier, explicávamos os fenômenos de combustão pela teoria do flogisto, e reconhecemos que essa teoria era falsa. Por que não dizer que no momento em que essa teoria foi

⁷⁸ Langevin, "La valeur éducative de l'histoire des sciences", 06.

⁷⁹ Langevin, "La contribution des sciences physiques", 07.

aceita, era uma teoria sólida, completa e que explicava bem os fatos conhecidos...”⁸⁰

Essa compreensão histórica seria importante, não apenas para os estudantes de ciências, mas também para os professores responsáveis pela formação dos futuros cientistas e, também para aqueles que teriam contato com o ensino científico apenas no ensino secundário..⁸¹

“...se para os que virão a fazer ciência, tal necessidade de conhecer [história da ciência] é evidente, não o é menos para os educadores, os iniciadores e mais ainda para a grande maioria, os que terão de se contentar com a cultura adquirida nos bancos da escola...”⁸²

Langevin defendeu a introdução de uma cadeira de História das Ciências no programa de licenciatura na universidade.⁸³ Langevin viveu em um período de grandes transformações, foi um ‘homem de sua época’. Atuou nos principais debates do período, foi protagonista nas duas grandes guerras e trabalhou ao lado de importantes personalidades da ciência, política e educação. Ao longo de sua vida Langevin recebeu influências de diversos intelectuais, muitas delas reconhecidas pelo próprio cientista em seus pronunciamentos. Paul Labérenne comenta sobre a influência das ideias de Berthelot no pensamento de Langevin a respeito do ensino. Langevin seria o ‘herdeiro’ que, ao longo do tempo, transformou essas ideias. “... mas essa transformação da herança se faz a partir da herança [...] Paul Langevin tinha consciência de ser, na ordem das ciências da natureza, o legítimo sucessor e continuador dos Berthelot e dos Claude Bernard...” As referências de Langevin ao trabalho de seu antecessor demonstrariam seu ‘orgulho’ de ser, conforme afirma Labérenne, um “continuador” desse trabalho: “... a sua concepção de

⁸⁰ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 07.

⁸¹ Langevin, “La valeur éducative de l'histoire des sciences”, 04.

⁸² Ibid.

⁸³ Labérenne, *Pensamento e ação*, 27.

educação do homem procedia também em parte de Berthelot e [Langevin] ostentava com orgulho essa filiação...”⁸⁴

Apesar das diferentes concepções filosóficas que influenciaram os dois cientistas ao longo de suas vidas, encontramos semelhanças entre os discursos de Langevin e de Berthelot a respeito de educação. Principalmente nas primeiras manifestações de Langevin sobre o tema, no que se refere à necessidade de se garantir uma quantidade suficiente de aulas de Ciências no ensino secundário e também quanto ao papel da ciência na formação intelectual e moral dos alunos.

Ao longo do tempo observamos um afastamento, talvez devido às questões ideológicas. Berthelot mantém um discurso positivista, forjado pela forte industrialização do século XIX, mas Langevin, ao longo de sua vida, conhece o materialismo dialético e encontra nele as explicações teóricas que fundamentavam sua perspectiva de ciência e educação. Em comum, Berthelot e Langevin, concebiam a ciência como a iniciação do estudante aos fenômenos naturais, desempenhando assim um papel de primeira ordem no que concerne ao contato com a natureza.⁸⁵ O desenvolvimento da ciência concebido como um ato humano coletivo, seria o fator de aproximação entre os homens: “material, intelectual e moralmente, dado que estabelece entre eles uma solidariedade cada vez mais estreita...”⁸⁶

O Plano Langevin-Wallon: *L'École Unique*

Em 1944, após o fim da ocupação da França pelos nazistas e, próximo do final da guerra, o governo francês cria uma comissão ministerial de estudo para discutir a reforma do ensino na França. Langevin é nomeado presidente

⁸⁴ Labérenne, *Pensamento e ação*, 26.

⁸⁵ Berthelot, *Science et libre pensée*, 3-5.

⁸⁶ Langevin, “La contribution des sciences physiques”, 07.

da comissão em 1945, que fica conhecida desde então como a comissão 'Langevin-Wallon'. Essa comissão desenvolve seus trabalhos de 1944 a 1947. Após a morte de Langevin em 1946, Henri Paul Hyacinthe Wallon (1879-1962) assume a presidência da comissão até 1947.⁸⁷

Essa reforma nunca foi implementada integralmente pelo governo francês. Mas funcionou como um tipo de 'modelo' ou 'quadro geral' para as políticas educacionais da segunda metade do século XX na França.⁸⁸

Os principais pontos dessa reforma vinham sendo gestados muitos anos antes da formação dessa comissão. Após o abalo causado pelo advento da primeira guerra mundial, as questões pacifistas passaram a fazer parte dos debates a respeito da educação.

“... a ciência adquiriu hoje um avanço considerável e perigoso sobre a justiça [...] como consequência da aplicação da ciência na arte de matar e destruir, resulta um considerável acréscimo no perigo da guerra...”⁸⁹

Em 1921 é criada a “Liga Internacional da Educação Nova” pela pedagoga inglesa Beatrice Ensor (1885-1974). Movidos pela luta contra a mecanização crescente da vida, contra as escolas-usinas que ‘produziam’ pequenos adultos, e defendendo as novas pedagogias que estimulavam a iniciativa das crianças.⁹⁰

Nesse mesmo ano, o tema da ‘Escola Única’ é apresentado pelos *Compagnons de l’Université Nouvelle*, sugerindo a unificação do ensino, a simplificação do sistema e a melhora dos resultados. Em 1925, o governo francês dá os primeiros passos na elaboração de uma reforma educacional

⁸⁷ Rossano, “Plan Langevin-Wallon”, 35.

⁸⁸ Bensaude-Vincent, “École et société”, 223.

⁸⁹ Langevin, “Le problème de La culture générale”, 03.

⁹⁰ Langevin, “Le problème de La culture générale”, 01.

montando uma série de subcomissões para discutir o ensino na França. Langevin preside a subcomissão que discute possíveis modificações no ‘terceiro nível’ (*troisième degré*). Trata-se do nível de especialização, para alunos de 15 a 18 anos de idade. Essa subcomissão também discutiu a respeito da formação de professores.

Outro objetivo desse grupo era a defesa da democratização do ensino. Propunham um ensino organizado em ‘ciclos coerentes’ e com o objetivo de ‘justiça e orientação’ favorecendo as aptidões de cada um.⁹¹ Esse princípio fez parte da reforma proposta em 1947:

“...Todos os jovens, sejam quais forem suas origens familiares, sociais e étnicas têm o direito igual ao desenvolvimento máximo que suas personalidades comportam...”⁹²

Quando a comissão para a reforma educacional foi formada, tanto Langevin quanto Wallon já eram filiados formalmente ao Partido Comunista Francês. Como a maioria dos intelectuais da esquerda francesa, eles defendiam a ideia de uma “escola única”. Como o próprio Langevin relatou, o primeiro documento que deu origem à reforma foi o *Esquisse d’une politique française de l’enseignement*, redigido por Georges Cogniot em nome do Partido Comunista Francês, em setembro de 1943.⁹³ Documentos inspirados nas ideias da Escola Nova também orientaram os trabalhos dos redatores da reforma.⁹⁴ Langevin comenta que:

“... contribuíram de forma importante para essa investigação [...] o relatório de Marcel Durry e a brochura de Georges Cogniot, ‘Esboço de uma política francesa do ensino’ submetido pelo partido

⁹¹ Rossano, “Plan Langevin-Wallon”, 36.

⁹² Langevin, “Extraits de l’introduction du plan Langevin-Wallon”, 01.

⁹³ Sorel, “La naissance de La commission”, 74.

⁹⁴ Langevin, “Culture et humanités”, 01.

comunista às organizações de resistência [...] Tenho ainda numerosos documentos ainda não publicados [...] que se inspiram nas ideias do movimento da educação nova...”⁹⁵

Todos os jovens franceses teriam acesso à educação, independente de suas condições financeiras ou classe social. Nesse sentido contavam com o apoio de diversas organizações sociais. Frédéric Julliot-Curie relata o apoio dos sindicatos de ensino, organizações culturais e do movimento operário à proposta de reforma educacional.⁹⁶

Também como reflexo da destruição causada pela primeira guerra e preocupado com as consequências da mecanização das indústrias com prejuízos para os trabalhadores, Langevin retoma a discussão sobre o lado moral da ciência. Em 1932, em um pronunciamento no Congresso de Nice, ele relata sua preocupação, no campo da educação, com o desequilíbrio entre o lado ‘moral’ e o progresso científico e técnico. Destacou a ausência de ligação entre o intelectual e o afetivo no trabalho com os alunos. Quanto à justiça social, ele aponta outro desequilíbrio: entre o desenvolvimento das aplicações da máquina, resultante do trabalho científico, e a desigual repartição da propriedade, originada pela inadequação do regime político francês.⁹⁷ Langevin apresenta uma proposta:

“... tenho o dever de propor um remédio e procurar uma maneira de realizar essa unidade de cultura que ainda nos falta [...] uma introdução mais

⁹⁵ Langevin, “Culture et humanités”, 02. O movimento da Escola Nova também chegou ao Brasil. Parte dessa influência pode ser observada na LDB de 1961. Langevin se refere a diversos documentos inspirados no movimento da Escola Nova que influenciaram os trabalhos dos redatores da reforma Langevin-Wallon, entretanto ele não cita os autores. Não vamos abordar esse assunto neste trabalho.

⁹⁶ Julliot-Curie, *Pensamento e Ação*, 27.

⁹⁷ Langevin, “Le problème de la culture générale”, 03.

ampla da ciência, tendo presente o seu espírito mais do que seus resultados...”⁹⁸

A defesa de uma aplicação mais ampla do ‘espírito’ da ciência do que dos seus resultados, está presente no discurso de Langevin desde 1904, nos seus primeiros pronunciamentos sobre educação. O vínculo entre o mundo material e o mundo moral seria estabelecido pela educação, de modo a preparar os estudantes para o domínio sobre as coisas e para a harmonia entre os homens, simultaneamente.⁹⁹

O Plano Langevin-Wallon é o produto de uma reflexão que ultrapassava as fronteiras da França. A maioria dos países industrializados da Europa que participaram da segunda guerra discutia a respeito da necessidade de democratizar o ensino. O principal problema do sistema de ensino vigente na época, de acordo com os membros da comissão da reforma, era a sua inadequação para representar o papel que corresponderia a uma democracia moderna. O projeto começou reconhecendo a necessidade e urgência de se levar a cabo uma reforma completa do sistema de ensino francês,¹⁰⁰ a partir de seus próprios objetivos:

“...numa altura em que se põe em questão a reforma de ensino, verdadeira pedra angular na reconstrução do nosso país [...] importa ver claramente quais são os objetivos [...] de uma organização que permita a cada criança desenvolver plenamente a personalidade...”¹⁰¹

A reforma proposta abarcava todo o sistema de ensino francês, desde a duração dos ciclos até a formação de professores. Apoiados no que ficou conhecido como *Princípio da Justiça*, os redatores do plano concordavam que

⁹⁸ Langevin, “Le problème de la culture générale”, 04.

⁹⁹ Ibid., 04-5.

¹⁰⁰ Ferrer, “Plan Langevin-Wallon”, 02.

¹⁰¹ Langevin, “Culture et humanités”, 01.

democratizar a educação implicava em oferecer a todos os cidadãos da república possibilidades iguais de desenvolvimento, independente de fatores como a origem social ou condições familiares,¹⁰² declarando desde a introdução que “... o primeiro princípio é o princípio da justiça. Ele apresenta dois aspectos complementares: a igualdade e a diversidade...”¹⁰³

Inicialmente propuseram um prolongamento, passo a passo, da escolaridade, até os 18 anos de idade. Isso envolvia um suporte financeiro na forma de auxílio às famílias, bolsas de estudo ou salários para os estudantes. Também fazia parte da proposta construir novas escolas e revalorizar a função do professor,¹⁰⁴ segundo Langevin:

“... vem em seguida o considerável esforço financeiro que comportará a gratuidade do ensino em todos os graus e pela atribuição de subvenções, assim como a melhoria da situação do pessoal docente...”¹⁰⁵

Os alunos iniciariam seus estudos aos 6 anos de idade na *École Maternelle*, em seguida, fariam o *1^{er} cycle - Enseignement Commum*, que se estenderia até os 11 anos de idade. Em seguida o aluno faria o *2^e cycle - Orientation*, com duração de quatro anos, dividido em duas partes. Dos 11 aos 13 anos o aluno participa do *Período de Observação* seguindo um currículo comum a todos. Dos 13 aos 15 anos, os alunos ingressariam no *Período de Opções*, no qual teriam uma parte formada por um currículo comum e outra parte na qual seriam apresentados às diversas especialidades. Finalmente, aos 15 anos de idade o aluno iniciaria o *3^e cycle Détermination Maîtres de Spécialités*, no qual o aluno seria conduzido às aulas teóricas, nas quais os tópicos estariam relacionados ao *Baccalauréat*, divididos em: *humanités classiques, humanités modernes, sciences pures e sciences techniques*. Os

¹⁰² Ferrer, “Plan Langevin-Wallon”, 02

¹⁰³ Langevin, “Extraits de l’introduction du plan Langevin-Wallon”, 01.

¹⁰⁴ Rossano, “Plan Langevin-Wallon”, 36-7.

¹⁰⁵ Langevin, “Culture et humanités”, 05.

estudantes que optassem pela formação técnica profissional receberiam ao final do curso um certificado de aptidão profissional. Os alunos só realizariam os exames aos 18 anos de idade, no final do ciclo, para ingressar no ensino superior.¹⁰⁶

“... o ensino será obrigatório dos 06 aos 18 anos [...] Após os 18 anos um segundo nível de ensino será oferecido àqueles que se mostrem capazes [aprovados no *Baccalauréat*]..”¹⁰⁷

Langevin relacionava as etapas do desenvolvimento do trabalho científico com a formação dos estudantes nas escolas. As três etapas do trabalho do físico: observação dos fatos, elaboração das leis e compreensão e explicação, segundo Langevin, seriam reproduzidas na escola:

“...É essencial respeitar o desenvolvimento progressivo do trabalho científico em suas três etapas e reproduzi-lo na escola, adaptando-o ao desenvolvimento intelectual dos alunos que é contínuo, de acordo com a grande lei biológica, seguindo um ritmo paralelo ao da evolução das espécies...”¹⁰⁸

Dos 6 aos 12 anos, o aluno aprenderia a observar, ao mesmo tempo que faria o estudo de línguas e desenho. Trabalhos manuais e educação física também fariam parte desse período de estudos. Dos 12 aos 15 anos, segunda etapa da iniciação, corresponderia à aquisição da noção de leis e das relações de causa e efeito, estabelecendo as ligações entre os fatos. A terceira etapa

¹⁰⁶ Rossano, “Plan Langevin-Wallon”, 36-7.

¹⁰⁷ Langevin, “Extraits de l’introduction du plan Langevin-Wallon”, 01.

¹⁰⁸ Langevin, “La contribution des sciences”, 02. Observamos que Langevin propõe um ‘paralelismo’ semelhante às ideias de Piaget.

escolar seria para alunos acima de 15 anos. Nessa etapa o aluno estaria apto para as sínteses mais complexas e abstratas.¹⁰⁹

A formação dos professores também fazia parte do texto da reforma. A antiga divisão entre *professores primários* e *professores secundários* é substituída pela divisão entre *professores de matérias comuns* e *professores especialistas*. No Ciclo de Orientação (2^e cycle) atuariam tanto os professores das matérias comuns quanto os professores especializados, entretanto o *Ciclo de Estudos determinados* (3^e cycle) seria exclusivo para os *professores especialistas*. Todos os professores passariam pela universidade e receberiam formação teórica e profissional. Após um estágio, passariam por um *exame de aptidão pedagógica* antes de se tornarem titulares.¹¹⁰

¹⁰⁹ Langevin, "La contribution des sciences", 04.

¹¹⁰ Rossano, "Plan Langevin-Wallon", 36-7.

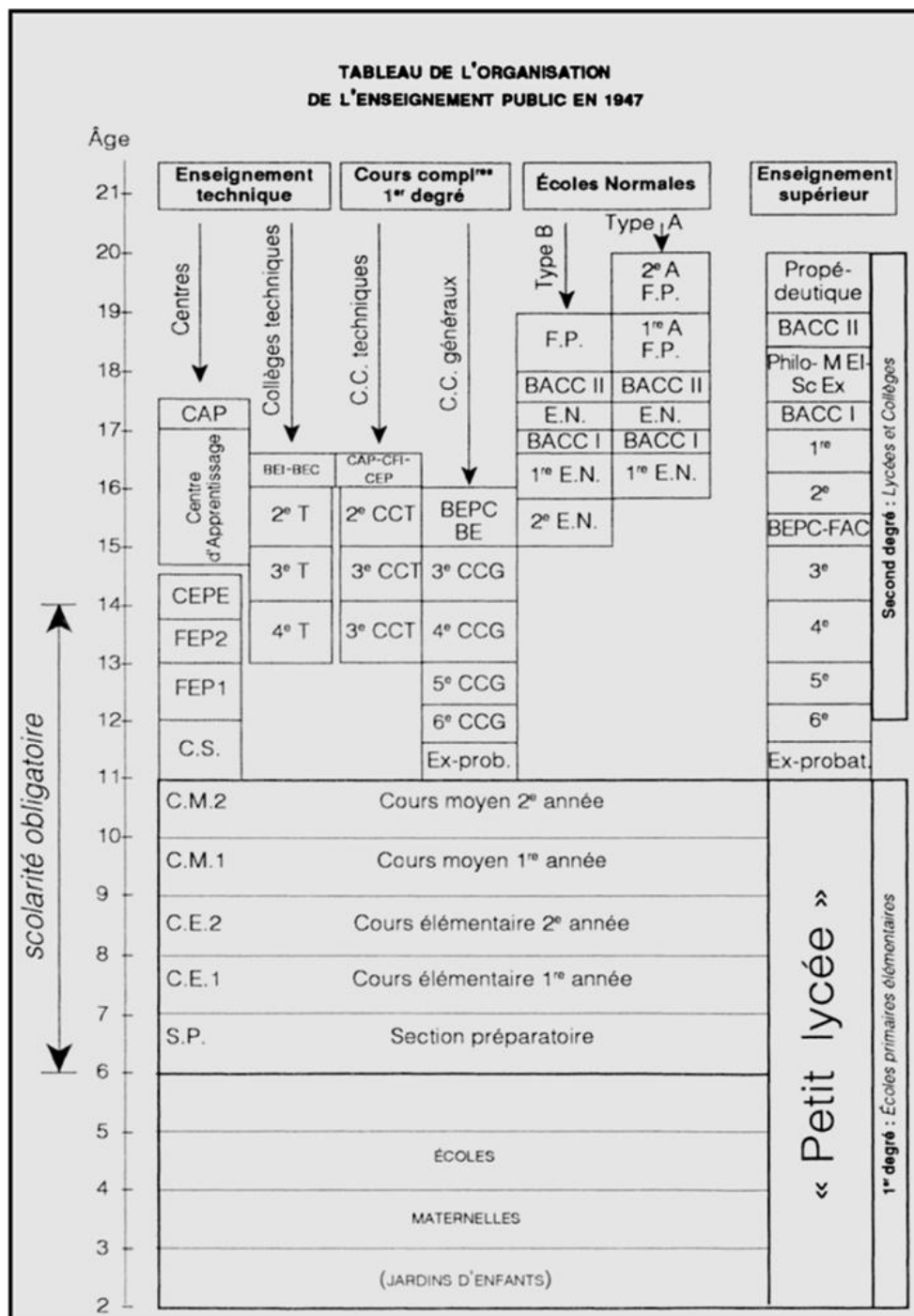


Fig. 1: O ensino secundário na França em 1947¹¹¹

¹¹¹ Rossano, "Plan Langevin-Wallon, 39.

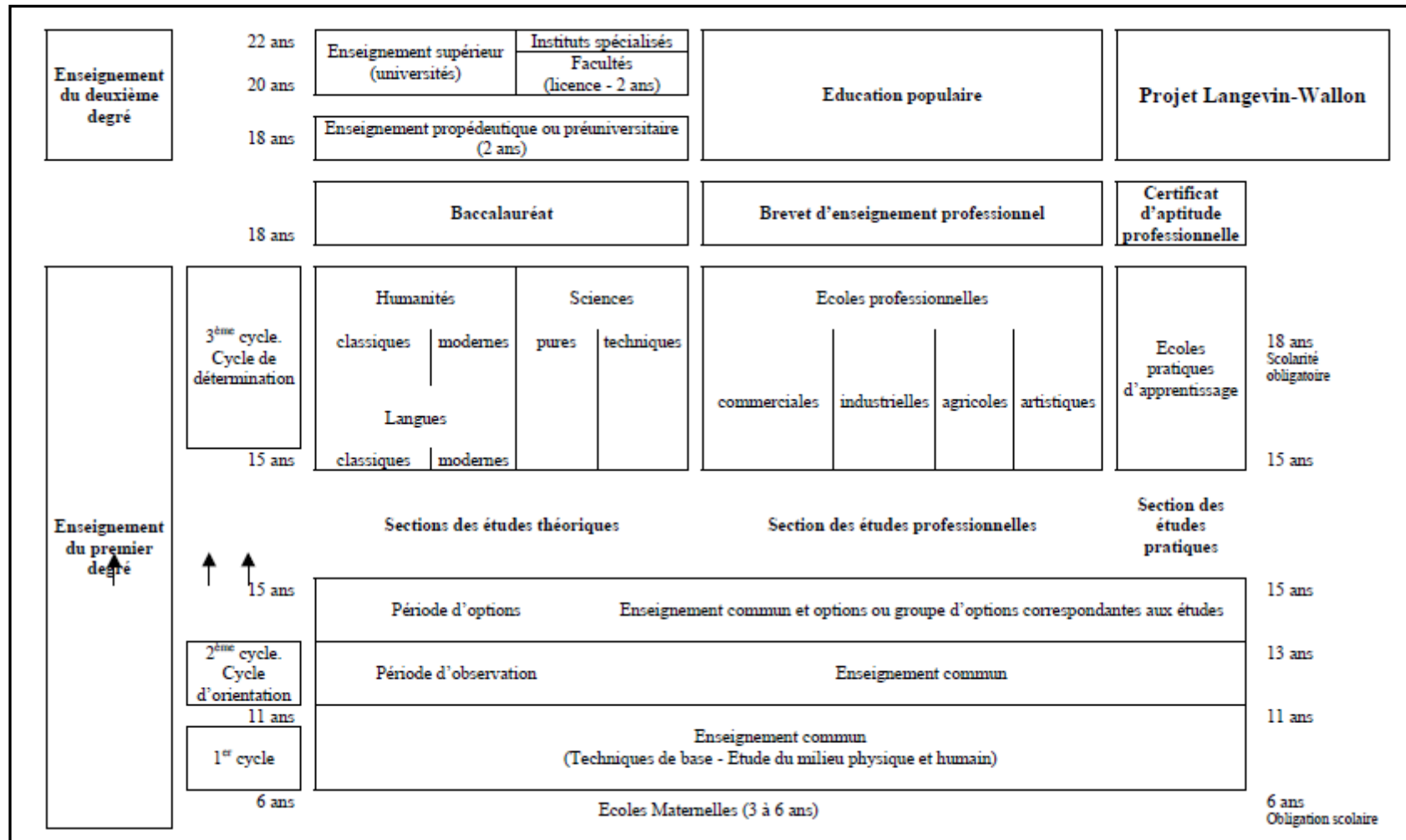


Fig. 2: Proposta do Plano Langevin-Wallon ¹¹²

¹¹² Rossano, "Plan Langevin-Wallon, 40.

O plano que não foi implantado

Os problemas da comissão agravaram-se quando Wallon assumiu a presidência após a morte de Langevin. Dificuldades em chegar a um acordo sobre a nomenclatura dos ciclos, indefinição sobre o destino das instituições de ensino superior (seriam suprimidas ou transformadas em institutos), entre outros conflitos, fizeram com que os políticos ligados ao Partido Socialista solicitassem ao governo a dissolução da comissão, o que não ocorreu. O plano foi qualificado como inviável, utópico, irreal e arbitrário. Alguns historiadores argumentam que o sistema proposto seria custoso demais para um país que havia saído recentemente da guerra e estava em reconstrução.¹¹³ Outros autores citam que as críticas recebidas pelo projeto seriam devido a seus representantes principais, Langevin e Wallon serem comunistas. Na época em que o plano foi apresentado, o Partido Comunista Francês tinha disputas políticas com outros partidos, inclusive com o Partido Socialista.¹¹⁴ A coalizão tripartite envolvendo o Partido Comunista, o Partido Socialista e o M.R.T (Movimento Republicano Popular) foi rompida justamente nesse ano. Durante a presidência de Wallon que se estendeu de janeiro a junho de 1947, o contexto estava completamente transformado. Apesar disso, ele manteve a proposta de unidade e organização do sistema escolar estabelecido no período no qual Langevin presidia a comissão.¹¹⁵

Sem a influência política de Langevin, morto no ano anterior, os demais membros da comissão pressionaram o governo juntamente com os membros do partido comunista da assembleia, entretanto o projeto foi 'arquivado'.¹¹⁶ Sofreu críticas da imprensa popular da época. O ministro da educação relatou aos membros da comissão que o projeto suscitou grande interesse internacional e que ele se propunha a divulgá-lo, apesar de não ser possível

¹¹³ Rossano, "Plan Langevin-Wallon", 36-7.

¹¹⁴ Ferrer, "Plan Langevin-Wallon", 04.

¹¹⁵ Sorel, "La naissance de la commission Langevin-Wallon", 73.

¹¹⁶ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 231.

aplicá-lo imediatamente na França.¹¹⁷ Houve sucessivas tentativas de implantá-lo, entre 1947 e 1956, por diferentes ministros da educação, entretanto sem sucesso.

A preocupação de Langevin em relação à divulgação do conhecimento científico não se limitou a educação formal. Desde o início de sua carreira, ele participou de eventos, congressos e seminários, apresentando suas ideias e debatendo com diferentes públicos. No segundo capítulo deste trabalho analisamos alguns desses eventos e o contexto no qual eles aconteceram.

¹¹⁷ Sorel, “La naissance de la commission Langevin-Wallon, 83.

Capítulo II

A difusão do conhecimento científico na primeira metade do século XX: Langevin e a campanha relativista

A campanha relativista

O termo "campanha relativista" foi adotado por alguns historiadores referindo-se aos discursos, palestras e artigos que Langevin produziu ao longo de grande parte de sua vida acadêmica. Desde o primeiro contato com o princípio da relatividade restrita até a visita de Albert Einstein à França, em 1922.

Como comentamos no capítulo anterior deste trabalho, Langevin acreditava que o conteúdo a ser ensinado nas escolas deveria abordar o que havia de mais atual nas pesquisas científicas, o mesmo princípio seria aplicado na divulgação científica. Nesse sentido, ele inicia uma série de ações, palestras e aulas, para divulgar o princípio da relatividade, recém-apresentado à comunidade científica. Seu objetivo foi aprofundar e popularizar a nova teoria e debater os novos conceitos e os limites dessa teoria.¹¹⁸

“... da minha parte estou totalmente convencido da possibilidade de cumprir esse dever, como sendo um dos aspectos de nossa ação social, que é divulgar a verdadeira ciência...”¹¹⁹

Paul Labérenne comenta essa etapa do trabalho de Langevin como sendo a *vulgarisation* “no sentido mais elevado da palavra”¹²⁰, que traduzimos aqui como ‘popularização’. Trata-se de divulgar os trabalhos científicos para o

¹¹⁸ Langevin, *Pensamento e Ação*, 74.

¹¹⁹ Langevin, *Pensamento e ação*, 7.

¹²⁰ Ibid.

público em geral, com o cuidado de não utilizar termos técnicos de difícil compreensão ou cálculos complexos que tornem o conteúdo ininteligível, adequando o discurso a fim de possibilitar a compreensão e reflexão daquele que se interessa por ciência, mas não têm formação específica na área.¹²¹ Para que esse trabalho de popularização atinja um maior número de pessoas, Langevin participa inclusive de transmissões radiofônicas, como, por exemplo a série de conferências na Radio-Paris intitulada '*Ce que la civilization moderne doit à la recherche scientifique désintéressée*', em 1936. Pode-se observar o alcance desse trabalho pelas correspondências recebidas por Langevin. São cartas de trabalhadores e estudantes que pedem conselhos, orientações e fazem sugestões a respeito de temas científicos abordados por Langevin em suas palestras e pronunciamentos no rádio.¹²²

Para uma melhor análise desse trabalho de difusão do conhecimento científico optamos pela utilização de alguns termos específicos para diferenciar as formas de discurso empregadas por Langevin. São termos com características bastante semelhantes, pois têm a intenção de colocar à disposição de determinado público informações sobre ciência, mas apresentam diferenças relacionadas à estrutura e ao vocabulário utilizado. Utilizaremos o termo *disseminação* quando o cientista se dirigir a especialistas e membros da comunidade científica e o termo *divulgação* quando o pronunciamento se dirigir ao público em geral.¹²³ Encontramos em diversos pronunciamentos de Langevin a preocupação com a 'cultura científica' em seus diversos aspectos: a cultura gerada pela ciência, a cultura por meio da ciência, a cultura voltada para a produção da ciência e a cultura voltada para a socialização da ciência.¹²⁴ Dentre todas essas 'alternativas semânticas' da cultura científica, abordaremos neste capítulo os esforços de Langevin, primeiro para a disseminação do conhecimento entre pesquisadores e, em seguida, abordaremos os recursos que ele utilizou para permitir a apropriação do

¹²¹ O 'sentido mais elevado da palavra' citado por Labérenne provavelmente se refere à possível interpretação do termo '*vulgarisation*' em francês ser confundido com o termo '*vulgarization*' em inglês, que teria um significado menos nobre, ou seja, a ideia de popularizar seria: tornar acessível a todo tipo de público um conhecimento atualizado e de qualidade.

¹²² Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et vigilance*, 154.

¹²³ Vogt, *A utilidade do conhecimento*, 311-14.

¹²⁴ *Ibid.*

conhecimento científico pela sociedade. Quanto à abordagem epistemológica adotada por Langevin em seus trabalhos e pronunciamentos, fizemos um estudo mais detalhado no capítulo III deste trabalho.

Foi principalmente pela crença na ideia de progresso que o cientista estabeleceu um diálogo com o público em geral, não familiarizado com os termos científicos utilizados pelos físicos, mas fortemente influenciados pelas ideias que relacionavam a ciência com o progresso. Em um pronunciamento em 1932, Langevin comenta a respeito da importância da divulgação do conhecimento:

“... o que a maioria dos homens conhece hoje era, há cinquenta anos, apanágio de um pequeno número de espíritos e essa progressão continuará incessantemente, uma vez que os conhecimentos científicos constituem um dos momentos da adaptação coletiva do pensamento aos fatos...”¹²⁵

O primeiro contato de Langevin com o trabalho de Einstein ocorreu no inverno 1905/06, quando seu assistente Edmond Bauer trouxe os exemplares do *Annalen der Physik* com os artigos da relatividade restrita, nos quais Bauer teria reconhecido uma fórmula utilizada por Langevin em uma de suas aulas sobre inércia da massa eletromagnética.¹²⁶ Langevin dedicou grande parte de sua vida ao estudo e divulgação da teoria da relatividade, principalmente a partir de 1910. Ele é tido como o primeiro físico francês a defender a teoria da relatividade entre seus pares, na realidade Langevin foi quase o único a defendê-la por um longo tempo. Abordou inicialmente o princípio da relatividade restrita nos congressos de filosofia de Bolonha e na *Société Française de Philosophie*, em 1911, com os pronunciamentos: ‘*L’évolution de l’espace et du temps*’ e ‘*Le temps, l’espace et la causalité*’ respectivamente. Langevin comenta:

¹²⁵ Langevin, *Pensamento e ação*, 77.

¹²⁶ Paty, “Poincaré, Langevin et Einstein”, 05.

“...Proponho indicar o mais claramente possível os novos fatos que forçaram os físicos a modificar as concepções usuais de espaço e tempo, tais como impostas pelas leis da mecânica clássica [...] É a descoberta de novos fatos experimentais, graças a meios sofisticados de investigação, que nos levaram a um domínio até então desconhecido e que nos obriga a refazer as antigas concepções...”¹²⁷

Os novos fatos experimentais aos quais Langevin se refere, são os experimentos que mostraram a impossibilidade de calcular a velocidade de translação da Terra em relação ao éter. Já nesses primeiros pronunciamentos podemos observar a ênfase no aspecto filosófico da relatividade que Langevin utilizou ao tratar do tema. Preocupava-se com a forma e a linguagem utilizada em suas palestras e textos dirigidos a não especialistas em ciências. Em suas palavras:

“...a linguagem que os físicos utilizam algumas vezes diverge da linguagem dos filósofos e devemos nos esforçar, para nosso próprio entendimento mútuo, a fim de evitarmos as dificuldades de usar as mesmas palavras com significados diferentes. Parece haver uma divergência com relação à questão do tempo; para muitos filósofos, essa noção é compreendida como a sucessão de estados de consciência do mesmo indivíduo, eventos que estão ligados na mesma porção de matéria; entretanto, os físicos precisam considerar eventos que ocorrem em pontos

¹²⁷ Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 01.

diferentes e, em particular, para esclarecer o conceito de simultaneidade...”¹²⁸

Próximo do final da Primeira Guerra, Einstein formulou a Teoria Geral da Relatividade. Foi naquele período que Langevin se empenhou ainda mais na divulgação dessa teoria, pois, de acordo com ele haveria ainda muita coisa a ser feita para que ela fosse conhecida e compreendida.¹²⁹

Por volta de 1910, a comunidade de físicos franceses refutava ou contestava essa teoria. Muitos físicos da época eram frontalmente hostis à teoria, entre eles, Pierre Duhem (1861-1916) que chegou a declarar que se tratava de uma teoria com “abusos algébricos e dedutivos, típicos do espírito germânico”. Mesmo o influente físico e matemático francês Henri Poincaré entendia a mecânica relativista como sendo uma “convenção mais ou menos cômoda”¹³⁰. No que se refere à divulgação das novas teorias para os mais jovens, Poincaré comenta que primeiro devemos ensinar a mecânica clássica:

“... quando eles [os alunos] estiverem imbuídos dela [a mecânica] até a medula [...] só pensarem através dela [...] então poderemos mostrar seus limites...”¹³¹

Poincaré relata ainda que a mecânica comum seria a única com que teríamos que conviver e exemplifica: quaisquer que fossem os desenvolvimentos do automobilismo, os veículos jamais atingiriam velocidades nas quais essa teoria não seria válida.

¹²⁸ Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 01-2.

¹²⁹ Bensaude-Vincent, *Langevin : Science et Vigilance*, 61.

¹³⁰ Ibid.

¹³¹ Poincaré, *Ensaio fundamentais*, 180.

“... a outra [teoria] é tão somente um luxo, e só se deve pensar no luxo quando não mais se corre o risco de prejudicar o necessário...”¹³²

Numa mistura de divulgação e disseminação, que Langevin buscou espaço para debater os novos desafios enfrentados pela Física e sua relação com a Filosofia. Foi também a *Société Française de Philosophie* o local escolhido para o pronunciamento de Albert Einstein em 1922, ocasião de sua visita à França. Dirigindo-se principalmente aos filósofos, o pronunciamento tinha o objetivo de discutir os novos conceitos exigidos pela física e que conseqüentemente teriam impacto nas discussões filosóficas. Bensaude-Vincent acrescenta que Langevin foi o responsável por inscrever a teoria da relatividade na história da filosofia.¹³³ Bergson relatou alguns anos após o congresso em Bolonha de 1911:

“...aproveitamos a oportunidade para dizer que foi a comunicação do Sr. Langevin durante o Congresso de Bolonha que chamou nossa atenção para as ideias de Einstein [...] todos nós que nos interessamos pela teoria da relatividade sabemos que devemos muito aos trabalhos e ensinamentos de Langevin...”¹³⁴

Outras evidências da influência do trabalho de Langevin sobre a produção filosófica da época podem ser encontradas no prefácio do livro de Meyerson “*La déduction relativiste*”, no qual Meyerson relata a importância da entrevista com Einstein e Langevin em 1922. Essa obra teria influenciado Bachelard a escrever “*La valeur inductive de la relativité*”, em 1922.¹³⁵ Gaston Bachelard relata o interesse que a ‘nova ciência’ despertava nos filósofos:

¹³² Poincaré, *Ensaio fundamentais*, 180.

¹³³ Bensaude-Vincent, *Langevin : Science et Vigilance*, 61.

¹³⁴ Bergson, *Durée et simultanéité*, 103.

¹³⁵ Bensaude-Vincent, *Langevin : Science et Vigilance*, 65.

“... os rudimentos não são mais suficientes para determinar os caracteres filosóficos fundamentais da ciência. O filósofo deve tomar consciência dos novos aspectos da ciência nova...”¹³⁶

O momento mais conhecido desses pronunciamentos e que se tornou referência em outras publicações a respeito da relatividade foi o “viajante de Langevin”.

O viajante de Langevin

Foi na conferência no *IV Congrès International de Philosophie de Bologne*, em 1911 que Langevin descreveu de maneira simplificada as consequências das novas concepções de espaço e de tempo em caso de uma viagem a velocidades próximas da luz. Buscando uma forma didática de explicar um tema tão complexo, Langevin propõe uma ‘viagem’ hipotética, na qual duas porções de matéria que, estando inicialmente em contato, separam-se à velocidade próxima da luz e algum tempo depois se reencontram:

“... observadores ligados a uma e a outra durante a separação não avaliaram a duração do mesmo modo, uns não envelheceram tanto como os outros...”¹³⁷

Langevin relata, em linguagem simples que, o observador que envelheceria menos seria aquele cujo movimento durante a separação se afastou mais do movimento uniforme, ou seja, aquele que esteve sujeito a maior aceleração. A partir dessa explicação inicial, ele propõe a possibilidade de uma viagem para o futuro, mas que seria uma viagem sem retorno, ele relata que:

¹³⁶ Bachelard, *O racionalismo aplicado*, 121.

¹³⁷ Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

“... sem esperança de regresso, sem a possibilidade de nos informar sobre o resultado da sua viagem uma vez que qualquer tentativa desse gênero só poderia transportar sempre e sempre para frente...”¹³⁸

A ideia apresentada por Langevin seria a de colocar o viajante em um projétil que seria lançado da Terra com uma velocidade “suficientemente próxima da velocidade da luz”, o que seria “fisicamente possível” de acordo com o cientista. Observadores permaneceriam na Terra e o ‘viajante’ partiria em direção a alguma estrela.

No exemplo de Langevin, uma vez de volta à Terra, o planeta teria envelhecido dois séculos e o viajante dois anos. Langevin deixa claro que, apesar das dificuldades técnicas em se realizar um experimento desse tipo, não se trata de mera ficção, ao afirmar que:

“...Retornando à Terra após dois anos, ele sairá de sua arca e encontrará nosso globo com duzentos anos [...] fatos experimentais, mais rigorosamente estabelecidos pela física, permitem-nos afirmar que efetivamente as coisas se passariam desse modo...”¹³⁹

Em seu discurso, Langevin procura trazer o leitor/ouvinte para próximo da narrativa ao demonstrar sua paixão pelo assunto utilizando termos como: “seria divertido dar-nos conta” de como seria a comunicação entre a Terra e o viajante durante o suposto experimento, ele comenta:

¹³⁸ Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

¹³⁹ Ibid., 27.

“...é divertido pensar se nosso explorador e a Terra pudessem, por sinais de luz ou por telegrafia sem fio, permanecer em constante comunicação durante a separação e, assim, entender como é a dissimetria entre os dois. Duas medidas de tempo durante a separação...”¹⁴⁰

A comunicação constante talvez permitisse compreender a dissimetria entre as duas medições de tempo durante a separação. A proposta seria enviar sinais “luminosos ou por telegrafia sem fios”. Essa abstração permite a Langevin abordar o conceito de tempo relativo, fundamental nessa nova perspectiva da física. Como o objeto viaja próximo da velocidade da luz, os sinais luminosos precisarão de um tempo maior para alcançá-lo:

“... durante o ano que para ele durará o movimento de afastamento, o explorador receberá apenas notícias de dois dias [...] em virtude do efeito Doppler, a radiação que receberá da Terra durante esse tempo terá um comprimento de onda duzentas vezes maior para ele, parecendo que a radiação luminosa pela qual ele pode ver a Terra foi emitida como radiação ultravioleta extrema, próxima dos raios Röntgen...”¹⁴¹

No regresso do objeto as condições se inverterm, “a vida de cada um parecerá singularmente acelerada, duzentas vezes mais rápida”, e a comunicação também deve considerar os comprimentos de onda enviados e recebidos:

¹⁴⁰ Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

¹⁴¹ Ibid.

“... durante esse período [regresso] verá [a Terra] por intermédio de onda que para ele [o viajante] serão luminosas, mas que para ela [a Terra] estarão no limite do infravermelho...”¹⁴²

Dessa forma, Langevin retém a atenção dos ouvintes/leitores com descrições que abordam os temas mais atuais da física da época, com linguagem simples, mas não subestimando seus interlocutores. Para encerrar essa explicação, o cientista aponta as “dificuldades materiais” para efetivar essa “viagem” com os recursos disponíveis na época, reforçando a base teórico-científica de sua explanação:

“... a teoria permite calcular o trabalho que a Terra teria de despender para lançar o projétil e para produzir a energia cinética necessária à sua enorme velocidade...”¹⁴³

A partir daí ele descreve como seria enviar um objeto de uma tonelada “fazendo-o girar por um ano na extremidade de uma funda”, para isso seria necessária uma potência de “quatrocentos mil milhões” de cavalos-vapor funcionando ininterruptamente. Essa energia seria gerada a partir da queima de “pelo menos mil quilômetros cúbicos de hulha”. Lembramos novamente que esse pronunciamento foi feito em um congresso em 1911, destinado a um público interessado, mas desprovido de conhecimentos matemáticos muito aprofundados...”¹⁴⁴

Ainda abordando as dificuldades técnicas de tal empreitada, Langevin descreve os problemas depois da “partida”, quando chegasse o momento do retorno. Para a inversão do movimento na hora do retorno, seria necessário um sistema:

¹⁴² Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

¹⁴³ Ibid.

¹⁴⁴ Labérenne, *Pensamento e Ação*, 62.

“capaz de armazenar a enorme energia cinética do projétil e de restituí-la em seguida para remetê-lo em sentido oposto com a mesma velocidade”¹⁴⁵

A chegada à Terra nessa velocidade extrema também seria um problema. Na retorno ao nosso planeta seria necessário dissipar gradualmente essa energia, sem que houvesse o aquecimento do objeto: “... devendo notar-se que a quantidade de calor equivalente à sua energia cinética bastaria para levá-lo a uma temperatura de 10^{16} graus...”¹⁴⁶

Observamos que não se trata de um relato sem fundamentação, ele faz questão de mensurar as grandezas envolvidas na hipotética viagem. Com isso o público assimila os conceitos fundamentais da teoria apresentada, tornando o assunto interessante e acessível, como defendia o próprio Langevin:

“...é necessário que, no esforço de construir a ciência, nos unamos para torná-la acessível de tal maneira que a humanidade continue sua marcha [...] sem uma vanguarda perdida e nem com uma retaguarda lenta e arrastada...”¹⁴⁷

Completando sua explanação, ele apresenta mais um conceito físico ao explicar que, se o projétil chegasse ao planeta Terra sem reduzir a velocidade, ao “passar” pelo planeta, ele seria imperceptível mesmo para as pessoas próximas ao local do suposto impacto, ou seja, não haveria um “impacto” deixando uma enorme cratera ou um rastro de destruição. Devido à extrema velocidade, o projétil se comportaria como:

¹⁴⁵ Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

¹⁴⁶ Ibid.

¹⁴⁷ Langevin, “La pensée et l’action”, 7.

“... átomos de hélio, cuja velocidade é de apenas vinte mil quilômetros por segundo, podem percorrer uma trajetória perfeitamente retilínea através da matéria...”¹⁴⁸

O objeto “se deteria a uma certa profundidade no solo”, mas sem deixar um “buraco” na superfície, no local do impacto. E encerra comentando que, devido às dificuldades apresentadas, “... não parece que se possa tentar aqui o emprego do foguete que o meu amigo Perrin propõe utilizar para as viagens interplanetárias...”¹⁴⁹

Langevin refere-se ao seu amigo Jean Perrin (1870-1942) que foi um importante físico francês. ganhador do Prêmio Nobel de Física por seus estudos sobre a estrutura descontínua da matéria. Perrin participou ativamente dos debates a respeito das reformas educacionais e das questões envolvendo a estrutura da matéria. Especificamente sobre esse comentário de Langevin, encontramos um diálogo interessante entre os dois cientistas que se deu por meio de pronunciamentos em palestras e por meio da imprensa.

Repercutindo os relatos a respeito do ‘viajante de Langevin’, Jean Perrin especula a respeito da possibilidade de se fazer uma viagem interplanetária, apesar dos problemas de dissimetria entre o tempo marcado no relógio do viajante com relação ao relógio na Terra.

“... já que não poderá retornar e encontrar seus companheiros deixados para trás [devido às diferenças de tempo], o viajante que parte para o espaço interestrelar poderá, ao curso de sua breve

¹⁴⁸ Langevin, “L’evolution de l’espace e du temps”, 30.

¹⁴⁹ Ibid., 31.

existência, explorar o Universo [...] e estabelecer uma colônia...”¹⁵⁰

Perrin também especula a respeito de possíveis alternativas que permitiriam o retorno do viajante sem uma considerável diferença de tempo. Nesse texto, ele sugere uma situação na qual o referencial adotado seja diferente, não uma trajetória retilínea, mas em etapas. No retorno, utilizando um terceiro referencial o viajante faria uma ‘meia volta’ passando de um referencial a outro de forma a tornar o envelhecimento desprezível.

“... suponhamos agora que como Langevin [propôs], bem longe do nosso Sol, nosso viajante diminua a velocidade, pare e relance em sentido inverso [...] enquanto ele faz uma meia volta ele deixaria de pertencer ao referencial inicial e poderia sofrer um envelhecimento, mas um envelhecimento definido, sem relação com o tempo da viagem realizada a partir da Terra...”¹⁵¹

O movimento proposto seria uma triangulação, não uma linha reta. O viajante passaria de um referencial a outro, tornando o envelhecimento desprezível em relação aos demais que ficaram na Terra. Perrin admite que são apenas especulações e comenta: “...mantemos ainda o desejo de uma compreensão mais precisa das conclusões que até o momento somos obrigados a aceitar...”¹⁵²

Perrin fez parte do comitê de astronáutica da *Société Astronomique de France*. Em 1929, os membros da sociedade se reuniram para discutir as possibilidades de realizar viagens interplanetárias. Na foto a seguir Jean Perrin aparece ao centro após uma reunião que discutiu o tema: “*La navigation*

¹⁵⁰ Perrin, “Relativité”, 37.

¹⁵¹ Ibid., 35.

¹⁵² Ibid., 38.

interplanétaire utopie d'aujourd'hui, sera-t-elle la réalité de demain?" A navegação interplanetária, uma utopia hoje, será uma realidade amanhã?"



Fig 3: Jean Perrin, o quarto membro em pé ao centro, em foto com os demais membros do Comitê de Astronáutica da Sociedade Astronômica Francesa – 1929 ¹⁵³

O 'viajante de Langevin' é frequentemente citado na literatura que aborda a participação do cientista na divulgação da teoria da relatividade, mas esse é apenas um episódio de um longo e exaustivo trabalho de divulgação e popularização da ciência.¹⁵⁴ Henri Bergson relata em seu livro de 1922, *Durée et simultanité*:

“... A hipótese do viajante preso em uma bala de canhão, e vivendo apenas dois anos enquanto duzentos anos passam na Terra, foi exposta pelo Sr. Langevin em sua comunicação ao Congresso de Bolonha em 1911. Essa hipótese é universalmente conhecida e citada ...”¹⁵⁵

¹⁵³ Foto dos membros da *Société Astronomique de France* com Jean Perrin ao centro. Disponível em <http://jhrosny.overblog.com/2014/12/rene-sudre-la-navigation-interplanetaire-utopie-d-aujourd-hui-sera-t-elle-la-realite-de-demain-1929.html>

¹⁵⁴ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et vigilance*, 61.

¹⁵⁵ Bergson, *Durée et simultanité*, 103.

Ainda encontramos referência em obras recentes, em 2014 encontramos a história do viajante na *Revue de Métaphysique et de Morale*, na qual Élie During comenta que o relato do ‘viajante’ é uma das histórias mais populares quando o assunto é relatividade.¹⁵⁶

Socialização do conhecimento científico

O acesso à cultura científica para todos sempre foi uma preocupação de Langevin. Entre as diversas publicações das quais ele participou ativamente para atingir o público em geral, as de maior circulação foram o periódico *Actualités Scientifiques et Industrielles* e a revista *La Pensée*.

Actualités Scientifiques et Industrielles

Langevin participa do periódico publicado pela editora Hermann, *Actualités Scientifiques et Industrielles*, a partir de 1929. Parte do que foi publicado no periódico havia sido apresentado anteriormente em uma série de conferências iniciadas em 1927. A finalidade, segundo o editor chefe J. Lemoine, seria o de levar ao público em geral as atualidades da cultura científica (para a socialização da ciência), de forma que os leitores soubessem os caminhos trilhados pelos cientistas da época.¹⁵⁷

Foram publicados 900 pequenos volumes de 50 a 100 páginas entre 1929 e 1940. Langevin dirigiu a série sobre ‘Física Geral’, abordando temas como: atomismo, teoria quântica, relatividade e física nuclear. Louis de Broglie coordena a seção de ‘Filosofia das Ciências’, trazendo artigos a respeito do determinismo. Essas publicações também foram de grande interesse para os

¹⁵⁶ During, "Langevin ou le paradoxe introuvable", 515.

¹⁵⁷ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 150.

físicos e filósofos, pois apresentavam os progressos mais recentes da ciência e encorajavam o diálogo entre essas duas áreas do conhecimento.¹⁵⁸

La Pensée: revue du rationalisme moderne

Em 1939, Paul Langevin, junto com outros intelectuais, lança uma revista, inicialmente com uma tiragem trimestral, direcionada para o público em geral. Dentre todas as obras editadas por Langevin, a revista *La Pensée* é para ele sua obra preferida (*La plus chère*). A revista teve, desde o início, apoio e suporte do *Parti Communiste Français*. Como relata Antoine Casanova, diretor de redação, no editorial da revista em 1994, "... a ajuda e o suporte dado pelo partido comunista francês foram decisivos para a criação e a manutenção da revista..."¹⁵⁹

Trata-se de um periódico abordando diversos temas relacionados com: arte, ciência e filosofia. A revista conta com a participação de importantes intelectuais da época, publicando artigos sobre diversos temas, entre eles: Henri Wallon (1879-1962), Georges Politzer (1903-1942) e Georges Cogniot (1901-1978).

¹⁵⁸ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 150.

¹⁵⁹ Casanova, "40^e anniversaire de *La Pensée*", 04.

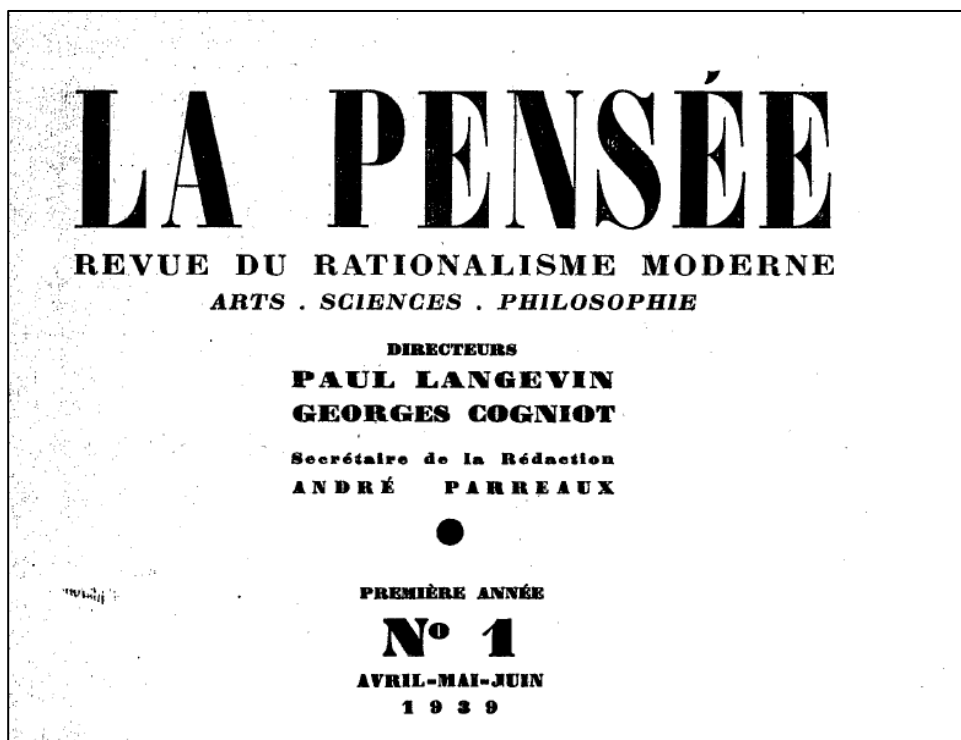


Fig. 4: Capa do primeiro número da Revista *La Pensée* ¹⁶⁰

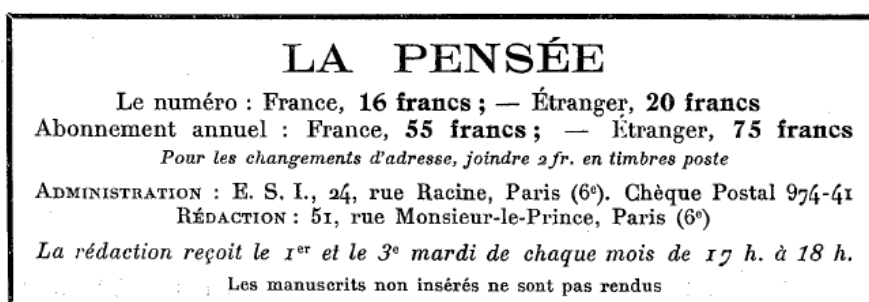


Fig. 5: Informações editoriais do primeiro número da Revista *La Pensée*, 1939 ¹⁶¹

¹⁶⁰ Revista *La Pensée* 01, disponível no site da biblioteca digital *Gallica*. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34348981h/date>.

¹⁶¹ *Ibid.*

O periódico se propõe a ser ‘a revista do racionalismo moderno’. Na primeira edição não foi publicado um editorial apresentando o periódico e qual seria sua linha editorial, entretanto o próprio nome da revista, ‘revista do racionalismo moderno’, além do conteúdo, já indica o caminho pretendido.

O primeiro artigo é de Paul Langevin, “A física moderna e o determinismo”, no qual o autor faz uma crítica às atitudes ‘idealistas’ de filósofos e físicos, referentes aos estudos sobre o átomo e às diferentes interpretações do ‘princípio da incerteza’ que gerou debates a respeito do futuro da física. George Politzer publica o texto “A filosofia e os mitos”, no qual demonstra sua preocupação com o ‘obscurantismo’ que ameaçava a sociedade da época. Ele refere-se à ascensão do fascismo com seu poder de “extirpar dos homens, por todos os meios a consciência humana”. Também critica o que seria o ‘novo mito’, referindo-se ao racismo nazista. Revivendo o antigo mito do sangue, o nazismo substituiria a consciência do homem por uma suposta ‘alma racial’.¹⁶² O terceiro artigo é do britânico J. B. Haldane, professor da Universidade de Londres e membro da *Royal Society* intitulado “Sangue real: estudo da hemofilia nas famílias reais da Europa”.

¹⁶² Politzer, “La philosophie et les mythes”, 01.

SOMMAIRE	
La physique moderne et le déterminisme, par Paul LANGÉVIN	1
La philosophie et les mythes, par Georges POLITZER	15
Sang royal, étude de l'hémophilie dans les familles royales d'Europe, par J.-B.-S. HALDANE	39
La résurrection des modes anciens dans la musique moderne, par Charles KOCHLIN	52
Pages de l'Encyclopédie.	
Jean-Jacques ROUSSEAU : La patrie fondée sur la justice	63
1789-1939.	
Sur quelques directives de la politique scolaire de la Révolution française, par Georges COGNIOT	70
In Memoriam.	
Hommage à Georges Urbain, par Paul LANGÉVIN	89
LA NATURE ET LA TECHNIQUE	
Du « radium artificiel » à la conception de l'atome. — La notion de nombre. — A propos des ultravirus. — Sturtevant et la génétique. — La médecine devant la science et l'humanisme, par Jacques SOLOMON , P. LABERENNE et Jacques MONOD	92
Problèmes de Technique.	
Le triage mécanique, par Jacques HAMELIN	107
Notes et Informations.	
La théorie de la sélection naturelle a cent ans, par Georges TRISSIER	112
Les études récentes sur la physiologie des populations, par Yvette NEEFS	113
SCIENCES HUMAINES	
Avertissement au lecteur.....	115
Chronique de ce temps.	
Histoires d'Espagne, par Pierre VILAR	117
Aurait-on oublié l'œuvre d'Ernest Denis ? par Pierre GEORGE	130
Le Saint Empire romain germanique : sur deux aspects nouveaux du pangermanisme, par Pierre ANGRAND	134
Problèmes d'économie politique.	
L'école de Lausanne, par J. S.	142
Informations sociales.	
Budgets de familles, par Henri MOUGIN	148
Notes littéraires.	
L'évolution de Charles Dickens, par André PARREAU	151
LES LIVRES ET LES REVUES	
Louis DELAPORTE : Le Proche-Orient asiatique, par Charles PARAIN	157
F. LOT : Les invasions barbares et le peuplement de l'Europe, par P. V.....	158
BERTRAND RUSSELL et l'histoire des idées au XIX ^e siècle.....	159
L'économie soviétique vue par Robert MOSSE	160
Hitler a trouvé un défenseur en Sorbonne, et Gobineau une admiratrice à Clermont-Ferrand, par H. M.....	162
Charles RIST : Histoire des doctrines relatives au crédit et à la monnaie depuis John Law jusqu'à nos jours.....	166
Julius SCHAXEL : Léninisme et biologie, par Marcel PRENANT	171
Pierre GEORGE : Géographie économique et sociale de la France, par P. V.	174
L'actinométrie et l'étude de Ch. MAURAIN sur les rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre, par L. PERDEREAU	175

Fig.6: Sumário da revista *La Pensée* n° 01 de 1939 ¹⁶³

A diversidade de assuntos escolhidos para esse primeiro exemplar da revista já permite ao leitor compreender a linha editorial que seria adotada. Além dos textos citados que abordam temas de ciência e filosofia, também encontramos o músico Charles Koechlin, que escreveu sobre a influência da música antiga sobre os compositores contemporâneos. George Cogniot

¹⁶³ Revista *La Pensée* 01, disponível no site da biblioteca digital *Gallica*. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34348981h/date>

escreve sobre a política escolar na revolução francesa e Jacques Solomon escreve um artigo intitulado “A natureza e a técnica”. Encontramos textos sobre a seleção natural, de autoria de George Teissier e outro sobre psicologia das populações, escrito por Yvette Neefs. Há também textos sobre história, economia, geografia, história das ideias e literatura.

O segundo número da revista foi publicado no mesmo ano refere-se aos meses de julho, agosto e setembro. Nesse número, o tema ‘racismo’ é retomado, agora por Marcel Prenant, professor da Sorbonne, no texto “Genética, racismo e fatos sociais”, no qual critica a ideia de raça humana pura. Em seu relato Prenant cita os trabalhos de Mendel, os cruzamentos genéticos com vegetais e insetos, e como isso não pode ser aplicado aos seres humanos. O conceito de ‘raça’ é biológico. Termos melhores podem ser empregados para o homem, tais como origem étnica ou etnia. Politzer publica o artigo “O que é o racionalismo?”. Defende a ideia que racionalismo e materialismo são inseparáveis. Ideia também defendida por Langevin, conforme comentou Juliot-Curie: “... está gravado em nossas memórias como Paul Langevin nos falava do materialismo dialético como sendo o racionalismo científico...”¹⁶⁴

Nesse mesmo número da revista, Georges Cogniot escreve sobre a história do partido comunista da União Soviética. Encontramos também outro artigo de Koechlin a respeito de música e um texto de filosofia, relacionando a revolução francesa e o humanismo alemão. Seguindo o que se tornaria uma tradição desse periódico, há uma grande variedade de temas e autores. Nesse número, na seção de resenhas de livros, encontramos uma crítica ao livro de Gaston Bachelard, “A formação do espírito científico”, publicado no ano anterior.

Em agosto de 1939 foi assinado o pacto de não agressão germano-soviético. Esse acordo movimentou os meios políticos dos demais países europeus. Na França, o Partido Comunista foi interdito, assim como a

¹⁶⁴ Juliot-Curie, “Paul Langevin rationaliste”, 02.

imprensa comunista. A revista de número 3 foi confiscada das bancas, somente os assinantes tiveram acesso ao seu conteúdo, todo o estoque, inclusive os exemplares destinados aos outros países, também foram confiscados.¹⁶⁵ Nela havia artigos sobre questões agrárias e a revolução, Henri Wallon escreveu o artigo “A psicologia científica e o estudo do caráter”. Mesmo com uma quantidade de artigos menor que as duas primeiras edições, esse número manteve a diversidade de temas, característica dessa publicação.

***La Pensée libre* – Clandestinidade**

Proibida de circular e com a ocupação alemã na França, a revista continuou sendo editada, mas de forma clandestina. Paul Langevin foi detido em 1940 e ficou sob vigilância até 1944, portanto, não participou dessas edições clandestinas diretamente. Em 1941 é publicado o Nº 01 da *La Pensée libre*, com 96 páginas e um formato que era metade do tamanho das edições anteriores. Os autores utilizavam pseudônimos ou os artigos eram anônimos. O editorial apresentava um protesto:

“.. o pensamento está proibido na França. O que está realmente proibido é a ciência, a literatura, a filosofia e as artes [...] somente a literatura antifrancesa é permitida, ou seja, a literatura da traição...”¹⁶⁶

Há pouca coisa disponível dessas duas edições clandestinas. São manifestos contra a ocupação da França e contra o nazismo e a deturpação

¹⁶⁵ Michaux, “La Pensée libre”, 115.

¹⁶⁶ George, “La Pensée 1939-1944”, 67.

que os nazistas faziam da ciência. A *Pensée libre* torna-se um libelo contra a situação política da França ocupada e a favor da resistência.¹⁶⁷

A edição de número dois da revista clandestina não chegou a ser distribuída. Devido a uma denuncia, os três editores foram detidos. Jacques Decour, Georges Politzer e Jacques Solomon foram fuzilados pelos nazistas em maio de 1942.

Entre os textos publicados nessas duas edições estão: “O que o hitlerismo fez da ciência”; “Entre os bárbaros”; “Cinema e colaboração”; “A fauna da colaboração”; “O homem soviético”; “Na União Soviética”. Trata-se de textos de autores desconhecidos. O texto principal da edição Nº1 é “O obscurantismo no século XX” e da edição de Nº2 é “A unificação da Europa e a teoria dos grandes espaços econômicos”.¹⁶⁸

A volta à legalidade

Em 1944, Paul Langevin, Frédéric Joliot-Curie, Henri Wallon e Georges Cogniot voltam a publicar a revista, agora na legalidade. Ela recomeça como sendo a nº01. No editorial, os redatores comemoram a volta da revista à legalidade, destacam o papel importante das edições clandestinas durante o período da ocupação. Homenageiam os mortos durante o período de obscurantismo:

¹⁶⁷ Michaux, “La Pensée libre”, 115.

¹⁶⁸ Ibid.

“... os melhores entre nós morreram para que nós sobrevivêssemos. Georges Politzer, Jacques Solomon, entre outros foram presos, torturados, deportados. Mas eles acenderam uma chama que não se deve apagar...”¹⁶⁹

Apelam para que os intelectuais, pesquisadores e professores saiam de seu isolamento e voltem para o combate junto ao povo, pela liberdade nacional e humana. Novamente retomam a questão do racionalismo, afirmando que a razão sofreu uma manipulação, mas não falhou:

“... imediatamente, foram as promessas dessa mesma razão que não falharam. A insurreição eclodiu, Paris combateu, a França ressurgiu da França...”¹⁷⁰

Os editores destacaram o alto preço que foi pago por essa reconquista, ‘preço de sangue’. E reafirmaram a tradição racionalista francesa que, apesar dos ataques, ainda resistia e levaria a civilização ao progresso.

Terminaram o editorial destacando a ação ‘épica’ dos soldados franceses na luta pela libertação do país. E afirmaram que preservariam e ampliariam a mesma ação dos escritores que trabalharam na clandestinidade, não apenas no plano científico e filosófico, mas também no plano das artes e das letras.

¹⁶⁹ Langevin. “Editorial *La Pensée*”, 03.

¹⁷⁰ Ibid.

“... nossa ambição é grande, mas é imposta a nós, tanto por nossas certezas quanto por nosso patriotismo: queremos que a França continue sendo a Minerva do mundo...”¹⁷¹

A revista retomou as edições trimestrais regularmente. Continuou sendo impressa e distribuída até 2012. Mantendo uma estrutura muito parecida com as primeiras edições:

<p>372 Octobre-novembre-décembre 2012</p>	<p>la pensée</p>
SOMMAIRE	
<p>3 Hommage à Pierre Duharcourt</p>	
CONTENUS D'ENSEIGNEMENT	
7 Politiques, supports et usages	
9 Enjeux politiques des instruments quantitatifs en éducation	<i>Romuald Normand</i>
23 Le socle commun, cheval de Troie d'une école à deux vitesses ?	<i>Pierre Clément</i>
37 Les exigences intellectuelles des manuels scolaires	<i>Stéphane Bonnéry</i>
51 Les familles populaires confrontées aux supports scolaires	<i>Séverine Kaktjo</i>
LE COURS DES IDÉES	
65 Vers une OTAN « à la carte »	<i>Nils Andersson</i>
79 Les bonnes affaires de la famille Mittal	<i>Pierre Judet</i>
93 Les effets pervers de la complexité moriniennne	<i>Jean Jacob</i>
CONFRONTATIONS	
101 Le xxi ^e siècle sera-t-il encore « américain » ?	<i>Jean George</i>
REVUE DES REVUES	
117 La crise est partout	<i>Patrick Coulon</i>
VIE DE LA RECHERCHE	
129 Une cité de Marseille sur la scène de la participation	<i>Maha Messaoudene</i>
137 La fondation scientifique du matérialisme	<i>Yvon Quiniou</i>
149 Interfaces : succès et avatars	<i>Jean-Pierre Jouffroy</i>
DOCUMENTS	
155 Jacques Decour - Georges Politzer - Jacques Solomon	<i>Germaine Willard</i>
163 Révolution bolivarienne et théologie de la libération	<i>Yves Carrier</i>
LIVRES	
169 Comptes rendus par <i>Pierre Duharcourt, Jean George, Christine Pagnoullé, Roland Weyl, Jean Magniadas, Günter Flocco, Daniel Bachet, René Mouriaux, Jean-Paul Scot, Pierre Roche, Denis Durand, Anne Thévenot</i>	
186 Résumés, abstracts	

Fig. 5: Sumário do número 372 da revista *La Pensée*¹⁷²

¹⁷¹ Langevin. “Editorial *La Pensée*”, 04.

¹⁷² Revista *La Pensée* n° 372, disponível no site da biblioteca digital *Gallica*. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/_cb34348981h/date .

Paul Langevin sempre procurou trazer para a revista as discussões mais relevantes, científicas e filosóficas.¹⁷³ Como exemplo, podemos analisar o primeiro número da revista, no qual ele publica o artigo “A física moderna e o determinismo”. Naquele momento havia um grande questionamento com relação à ‘crise do determinismo’ ou à ‘crise da física’. Nessa revista, Langevin encontrou espaço para socializar os debates mais recentes da época e apresentar sua perspectiva diante dos novos desafios da ciência. Perspectivas que tinham como referência o materialismo dialético, a evolução das teorias científicas por contradições e sínteses. No próximo capítulo faremos uma análise da epistemologia de Paul Langevin e aprofundaremos sua forma de pensar a ciência e o papel do cientista na sociedade.

¹⁷³ A maior parte dos números publicados dessa revista está digitalizada e disponível no site da *Gallica*, *Bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France*. A numeração é sequencial, entretanto ela foi reiniciada em 1944, após a libertação da França. Portanto, encontramos os números 01, 02 e 03 da primeira fase da revista em 1939, os dois exemplares da *La Pensée libre* publicadas durante a Segunda Guerra e a numeração definitiva a partir de 1944.

Capítulo III

As concepções de ciência na primeira metade do século XX: Paul Langevin e a crise da física

A epistemologia da ciência ou *Philosophie de la science* de Langevin.

Neste capítulo analisaremos alguns aspectos da concepção de ciência de Paul Langevin, em especial aqueles subjacentes ao seu posicionamento diante de algumas questões fundamentais para a física que estiveram no centro das discussões na primeira metade do século XX.¹⁷⁴

Na década de 1930, os debates entre os físicos e filósofos franceses foram dominados pela questão do ‘determinismo’.¹⁷⁵ Desde o aparecimento da noção de *quantum* e da Teoria da Relatividade a perspectiva do mundo físico foi totalmente remodelada. Langevin comenta em 1939:

“... a teoria dos quanta foi, com seu famoso princípio da indeterminação, a ocasião para a retomada das discussões que, no começo do século, marcaram os primeiros passos da teoria moderna do átomo, período em que muito se falou de uma ‘crise’ da física...”¹⁷⁶

¹⁷⁴ Entendemos a epistemologia da ciência como sendo o ramo da filosofia que analisa as condições e os limites da validade dos conceitos científicos que busca esclarecer o processo de elaboração das teorias científicas e de sua interferência na constituição e desenvolvimento de diferentes saberes. Consideramos também que propostas epistemológicas devem ser historicamente contextualizadas. Vide Beltran & Saito, “História da ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse diálogo” e Canguilhem, *Estudos de história e de filosofia das ciências*.

¹⁷⁵ Freire Jr, “Dialectical materialism and the quantum controversy”, 311.

¹⁷⁶ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 01.

A 'crise' da física naquele momento estava ligada ao 'princípio da indeterminação' apresentado por Heisenberg. Para alguns físicos e filósofos seria um reconhecimento da física quanto aos limites do conhecimento científico e principalmente o fim do determinismo.¹⁷⁷ Langevin discorda, pois entende que é necessário uma nova interpretação para o termo 'determinismo'. Quanto à origem desse pensamento ele relata que:

“... a primeira expressão verdadeiramente científica do determinismo assumiu sua forma precisa após o sucesso da mecânica de Galileu e Newton, na interpretação dos fenômenos celestes. Concebemos e preservamos por dois séculos a esperança de construir toda a física e até, para alguns, toda a nossa representação do mundo, nas próprias fundações que haviam servido a Newton e seus continuadores na construção da mecânica celeste. O resultado foi uma espécie de misticismo, de excesso de confiança nas possibilidades de explicar o que parecia ser o tipo perfeito de toda ciência natural...”¹⁷⁸

A Mecânica Quântica não permitia mais as imagens, analogias e linguagens da vida cotidiana. Abordando fatos cada vez mais abstratos, a descrição dos fenômenos 'microscópicos' não oferecia um significado imediato e inteligível para a formulação de conceitos e reflexões com o qual os cientistas e filósofos estavam acostumados.¹⁷⁹ Um exemplo disso foi citado por Langevin em seu pronunciamento “La physique moderne et le déterminisme”:

¹⁷⁷ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 01. Langevin cita como exemplo dos físicos que compartilhavam essas ideias os nomes de Arthur Eddington (1882-1944), Paul Dirac (1902-1984), James Jeans (1877-1946) e Ernst Jordan (1902-1980).

¹⁷⁸ Langevin, “Statistique et déterminisme”, 02.

¹⁷⁹ Corvez, “Positivisme ou Réalisme”, 362.

“... depois da descoberta, há vinte e cinco anos, da estrutura nuclear do átomo, tentamos compreendê-la com base em um modelo planetário [...] o átomo seria um sistema solar em miniatura, ao qual se deveria aplicar a concepção Laplaciana de determinismo: sendo fixadas, num dado instante, a velocidade e a posição de cada um dos constituintes do átomo, todo seu comportamento posterior poderia ser determinado...”¹⁸⁰

Langevin refere-se à ideia de que seria possível aplicar os conceitos da mecânica clássica para explicar a estrutura do átomo, numa espécie de analogia com o sistema solar, e assim ‘determinar’ a posição e velocidade dos elétrons que se movimentavam em torno do núcleo. O “determinismo Laplaciano”, citado por Langevin, afirma que todo evento tem uma causa. Essa ideia figura no trabalho de Pierre-Simon Laplace (1749-1827), *Essai philosophique sur les probabilités*.

“... Uma inteligência que por um determinado instante conhecesse todas as forças pelas quais está animada a natureza e a respectiva situação dos seres que a compõem e, sendo ela grande o suficiente para submeter todos esses dados à análise, uniria em uma mesma fórmula, o movimento dos maiores corpos do Universo e o movimento dos átomos mais leves. Nada seria incerto para ela, e o futuro, tal como o passado, seria aos seus olhos, o presente...”¹⁸¹

Nesse sentido, o Universo seria hoje o ‘efeito’ de uma ‘causa’ anterior e, conseqüentemente, seria a ‘causa’ de um ‘efeito’ futuro. A origem dessa forma

¹⁸⁰ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 02.

¹⁸¹ Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, 08-09.

de pensar é anterior ao trabalho de Laplace. Jean le Rond d'Alembert (1717-1783), mestre de Laplace, afirmou, em 1757, que se houvesse um evento a mais ou a menos no mundo, ou mesmo uma única mudança nas circunstâncias de um evento, todos os outros eventos iriam ser influenciados. Laplace não utilizou o termo 'determinismo', que só entraria na linguagem mais tarde, em textos de filósofos alemães do século XIX.¹⁸² Entretanto, tratava-se de uma ideia presente de fato, sob outras denominações, tal como: predeterminado. Em textos de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) aparece como 'determinação' ou 'razão determinante', sustentando a necessidade de relacionar a 'causa' e o 'efeito'. Aparece também sob a denominação de *razão suficiente*.¹⁸³ Henri Poincaré utilizou a declaração de Laplace como referência para discutir a ideia de determinismo na França. De acordo com Poincaré:

“... nós nos tornamos deterministas absolutos e, mesmo aqueles que defendem o livre arbítrio entre os homens, deixam reinar o determinismo, sem distinção, no mundo inorgânico. Todo fenômeno, por menor que seja, tem uma causa. Um espírito minimamente informado sobre as leis da natureza tem o poder de fazer previsões, desde o início dos séculos...”¹⁸⁴

Poincaré comenta ainda que, todo enunciado de uma lei é necessariamente incompleto, porque, para ser completo ele teria que considerar todas as condições 'antecedentes' que eventualmente poderiam interferir e produzir determinado 'consequente', ou seja:

¹⁸² Paty, “A noção de determinismo”, 468.

¹⁸³ Ibid.

¹⁸⁴ Poincaré, *Calcul des probabilités*, 02.

“... sendo uma lei a relação entre o antecedente e o conseqüente, permite-nos, com a mesma facilidade, deduzir o conseqüente do antecedente, isto é, prever o futuro, e deduzir o antecedente do conseqüente, isto é, deduzir o passado do presente...”¹⁸⁵

Para isso se tornar possível, deveríamos estar seguros de ter descrito o estado do Universo inteiro no instante ‘t’, pois todas as partes do Universo podem efetivamente exercer uma influência mais ou menos significativa sobre o fenômeno que deve ocorrer em seguida ao instante analisado. Poincaré acreditava na existência de uma ‘solidariedade’ entre os elementos do Universo. Como veremos adiante, o termo ‘solidariedade’ também foi utilizado por Langevin quando abordou a noção de ‘indivíduo’ na dinâmica intra-atômica. ‘Solidariedade’ pode ser entendida como ‘laços’ ou ‘ligações’ que poderiam ou não resultar na ação de um elemento sobre o outro. Essas possíveis interferências fariam parte das ‘condições iniciais’. Langevin afirma:

“...O postulado fundamental da mecânica celeste é que o conhecimento das condições iniciais de posição e movimento de um sistema material do qual seja possível remover qualquer distúrbio externo e apenas ações mútuas intervenham, [...] permita descrever toda a sua evolução, prever o futuro e reconstruir o passado...”¹⁸⁶

A mecânica e a astronomia ensinavam que a ‘integração’ do sistema diferencial forneceria uma solução precisa ou ‘determinada’ de um problema. Bastava estarem disponíveis os valores das grandezas das ‘condições iniciais’. Esses valores poderiam ser obtidos por meio da observação.¹⁸⁷ Entretanto, essa segurança dos físicos no ‘determinismo’ da física já era motivo de debates

¹⁸⁵ Poincaré, *O valor da ciência*, 160.

¹⁸⁶ Langevin, “Statistique et déterminisme”, 03.

¹⁸⁷ Paty, “A noção de determinismo”, 473.

desde a segunda metade do século XIX. A teoria eletromagnética, o estudo das radiações e o atomismo com a descoberta dos elétrons, colocaram em discussão os limites da mecânica clássica.

O desenvolvimento da física quântica trouxe significativas críticas ao ‘determinismo’ e a ‘causalidade’, devido às ações descontínuas introduzidas pelo *quantum* de ação de Planck.¹⁸⁸ O modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio admitia a ideia de descontinuidade. Inicialmente, procurando explicar o fenômeno do espectro das linhas atômicas, Bohr propôs a quantização da estrutura eletrônica. Ele sugeriu que os elétrons só poderiam orbitar o núcleo em distâncias específicas (Shell), portanto o elétron não poderia permanecer entre essas órbitas. Mas na concepção mecânica de Laplace, todas as órbitas seriam possíveis, dessa forma o tamanho do átomo de um mesmo elemento poderia ser diferente, o que não estava de acordo com os dados experimentais que mostravam que átomos do mesmo elemento químico tinham tamanhos iguais.¹⁸⁹ Seria por absorção ou emissão de energia (fóton) que o elétron poderia mudar de órbita. A quantidade de energia absorvida ou emitida seria igual à diferença das energias necessárias para o átomo passar de um estado estável para outro. Dessa forma, mesmo em contradição com a teoria eletromagnética, Bohr admitiu a descontinuidade. Essa teoria explicou o comportamento do átomo de hidrogênio, entretanto ainda apresentava diversas limitações para átomos mais complexos.

Langevin interpreta esse trabalho de Bohr como essencial para o desenvolvimento da teoria quântica. O estudo de Bohr somado aos estudos de Arnold Sommerfeld (1868-1951), também relacionados ao átomo de hidrogênio teriam sido a ‘transição’ que conduziu ao desenvolvimento da mecânica quântica e da mecânica ondulatória. Langevin afirma que:

¹⁸⁸ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 02; Paty, “A noção de determinismo”, 481.

¹⁸⁹ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 03.

“... foi uma transição útil entre as antigas noções da mecânica e do eletromagnetismo, notoriamente insuficientes no domínio intra-atômico, e as novas noções, mais adequadas à realidade e que permitiram elaborar a teoria quântica...”¹⁹⁰

A quantificação do átomo de hidrogênio por Bohr (mecânica newtoniana) somado aos resultados obtidos por Sommerfeld (‘nova mecânica’ introduzida pela teoria da relatividade) permitiram a interpretação completa do espectro atômico do hidrogênio. Langevin relata a respeito da descontinuidade:

“... é a ideia fundamental, difícil de aceitar do ponto de vista teórico, mas fecunda nas aplicações práticas. Sem o sucesso que as ideias de Bohr encontraram no caso do átomo de hidrogênio, o desenvolvimento posterior da teoria quântica e da mecânica ondulatória não teriam sido possíveis...”¹⁹¹

Ao propor um modelo teórico do átomo nuclear com níveis de energia discretizados, Niels Bohr utilizou, conforme relata Paty, uma abordagem ‘semiclassica’ que combinava a utilização da teoria clássica em certas condições e a regra da quantificação de energias descontínuas para os níveis do átomo nuclear, regra que permitiria explicar a absorção e emissão de radiação.¹⁹²

¹⁹⁰ Langevin, “La notion de corpuscules et d’atomes”, 28.

¹⁹¹ Ibid.

¹⁹² Paty, “A noção de determinismo”, 482.

“... ele [Bohr] disse: o aspecto ondulatório e o aspecto corpuscular são dois aspectos complementares da realidade. Nós temos que lidar tanto com um quanto com outro. E não é necessário nos preocuparmos em conciliar um com o outro...”¹⁹³

Veremos mais adiante, que Langevin não concordava com essa ideia de ‘complementariedade’ proposta por Bohr. Na concepção de Langevin os físicos deveriam procurar uma ‘síntese’, e isso seria uma questão de tempo. O contato dele com as propostas dessa nova teoria ocorreu logo no início de sua carreira como físico. Langevin acreditava que a importância do determinismo não tinha sido abalada pela teoria quântica, ele afirmou que:

“... Assim como a teoria da relatividade substituiu os ídolos clássicos do espaço e do tempo absoluto por conceitos relacionados ao observador, a teoria dos quanta nos levou a atribuir ao determinismo um caráter mais subjetivo e mais humano, sem diminuí-lo de maneira alguma. É importante enfatizar seu rigor científico e seu valor que, pelo contrário, é exaltado...”¹⁹⁴

Mecânica Quântica

A noção de ‘quantum’ foi apresentada aos físicos em 1900, época em que Langevin iniciava sua carreira acadêmica. A primeira referência de Langevin a respeito desse novo conceito aparece após sua participação no primeiro Conselho de Solvay, em 1911, quando comenta que a introdução dos *quanta* na teoria atômica deveria conduzir à ideia de um “momento magnético”, denominado mais tarde de “magnéton”. Foi nesse evento em 1911 que

¹⁹³ Langevin, “La notion de corpuscules”, 34.

¹⁹⁴ Langevin, “Statistique et déterminisme”, 02.

estiveram reunidos pela primeira vez Langevin, Poincaré e Albert Einstein. Langevin e Einstein desenvolveram uma sólida e longa amizade, Poincaré morreu alguns meses depois. O assunto central do evento foi a *física dos quanta*, que ainda gerava divergências entre os físicos.¹⁹⁵

Em suas aulas, no *Collège de France*, Langevin introduziu esse conceito em 1912, com o curso “Les difficultés de la théorie du rayonnement”.¹⁹⁶ Mais tarde, em 1939, ele relata que:

“... denominamos de *mecânica quântica* ao conjunto de trabalhos que foram desenvolvidos para dar conta, de maneira sistemática, do *quantum* de ação no estudo dos sistemas atômicos [...] ela trata das mesmas grandezas da *mecânica clássica*, ou seja, das posições e velocidades dos pontos materiais. Mas na *mecânica clássica* as posições e velocidades são representadas por números algébricos, enquanto na *mecânica quântica* são representadas por uma grandeza de uma ordem superior, denominados de *matrizes*...”¹⁹⁷

Nesse relato Langevin demonstra que estava de acordo com propostas que já existiam a respeito desse assunto. Einstein constatou, em 1906, que a *Teoria Eletromagnética Clássica* era insuficiente para os fenômenos quânticos (atômicos e radioativos). Poincaré também estudou a respeito do assunto e chegou às mesmas conclusões: nesse domínio, a física não se deixava escrever por equações diferenciais.¹⁹⁸ Langevin em seu discurso, em 1913, no *Collège de France*, relata:

¹⁹⁵ Paty, “Poincaré, Langevin et Einstein”, 07.

¹⁹⁶ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et vigilance*, 161.

¹⁹⁷ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 05.

¹⁹⁸ Paty, “A noção de determinismo”, 481.

“... as leis que regem o mundo dos átomos não podem ser expressas na linguagem do cálculo diferencial e integral, que supõem a continuidade dos fenômenos elementares...”¹⁹⁹

Essa afirmação faz parte de um discurso no qual Langevin sugere convidar Albert Einstein para uma palestra naquela instituição. A forma de pensar dos dois cientistas tinha muitos pontos em comum, mas também algumas divergências. Eles não abandonam o ‘determinismo’, mas admitiam que questões importantes deveriam ser debatidas. Einstein comenta que os eventos que se produzem na natureza são controlados por uma lei de ligação mais estrita e estreita do que se supõe quando se fala que um evento é a causa de outro.²⁰⁰ A divergência entre as concepções de Einstein e as de Langevin referem-se à ideia de que a mecânica quântica seria ou não uma teoria incompleta.²⁰¹ Langevin acreditava que a teoria era completa, o problema seria a análise de fenômenos quânticos a partir da perspectiva da mecânica clássica, como observamos nessa afirmação:

“... a crise atual dos quanta se liga intimamente a um corte demasiado absoluto do que nos rodeia. A concepção da individualidade das partículas encontra-se na base das dificuldades com que nos deparamos...”²⁰²

Langevin identificou a origem da crise produzida pela teoria quântica como sendo a utilização da abordagem mecanicista para representar os novos fenômenos. Ele acreditava que o conceito de ‘partícula individual’, base da física clássica, era produto da ‘concepção mecanicista’, portanto inadequado à nova abordagem:

¹⁹⁹ Langevin, Reprodução do discurso de Langevin em *La Pensée* 161, 08.

²⁰⁰ Paty, “A noção de determinismo”, 478.

²⁰¹ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 167.

²⁰² Langevin, “La relativité”, 14.

“... quisemos introduzir na dinâmica intra-atômica a noção bastante superficial de ‘indivíduo’ e hoje observamos que não é legítimo falar de movimentos de partículas individuais em uma escala tão reduzida. É muito provável que a solidariedade [ligação] existente entre todos os elementos do Universo deve repercutir-se na própria estrutura da ciência...”²⁰³

Langevin retoma aqui a ideia de ‘solidariedade’ entre os elementos do Universo, semelhante à Poincaré, mas agora para uma escala atômica. Mesmo a concepção de Bohr, que defendia a ideia do chamado ‘princípio da complementariedade’, não foi suficiente para convencê-lo. Ele classificou a proposta de Bohr como sendo inadequada.²⁰⁴ Na realidade, Langevin entendia a dualidade onda-partícula mais como uma questão ‘dialética’ do que como uma complementariedade.²⁰⁵

“... nós devemos aceitar e viver nessa espécie de contradição, numa situação do tipo hegeliana, dialética, ou nós apenas constatamos a oposição, sem ter ainda realizado a síntese?...”²⁰⁶

Langevin deixa claro sua perspectiva materialista-dialética. Mais adiante aprofundaremos esse tema. A teoria quântica apresentou uma ‘indistinguibilidade’ fundamental das partículas ou sistemas quânticos idênticos. Não se tratava de uma ‘crise’ na física ou no determinismo, como o próprio Langevin relata, era uma crise do mecanicismo.²⁰⁷ Langevin não coloca as duas teorias em oposição:

²⁰³ Langevin, “La relativité: conclusion générale”, 14.

²⁰⁴ Freire, “Dialectical Materialism”, 312.

²⁰⁵ Paty, “Langevin, la relativité et les quanta”, 10.

²⁰⁶ Langevin, “La notion de corpuscules”, 30.

²⁰⁷ Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 167.

“...não se deve pensar que existe entre a mecânica clássica e a mecânica quântica uma contradição absoluta. A mecânica clássica é um caso particular da mecânica quântica, o caso em que se pode desprezar a constante de Planck. A mecânica clássica refere-se a um certo conhecimento do real, do qual a mecânica quântica fornece um conhecimento mais aprofundado...”²⁰⁸

Na concepção de Langevin, a mecânica clássica não era ‘falsa’. A física apenas havia descoberto os limites dentro dos quais essa teoria era válida e, com a mecânica quântica, descoberto como ultrapassar esses limites. Nesse contexto podemos analisar a epistemologia de Langevin, como ele compreendia o desenvolvimento da ciência.

Langevin defendia a concepção de uma ciência viva, na qual encontraríamos formas de atividades diversas, experimentais e teóricas. Nessas atividades haveriam tendências diferentes ou até divergentes das quais resultariam oposições de diversas ordens, podendo chegar até à contradições. Langevin entende que seria:

“... por meio de remodelações constantes e cada vez mais profundas é que observamos o aumento incessante do conjunto de resultados alcançados. É pelas relações estabelecidas entre fenômenos aparentemente independentes que as sínteses parciais preparam a síntese mais elevada para a qual tende o nosso esforço...”²⁰⁹

O discurso de Langevin, principalmente a partir da década de 1930, apresenta referências ao materialismo dialético. O matemático Paul Labérenne

²⁰⁸ Langevin, “La physique moderne et le déterminisme”, 05.

²⁰⁹ Langevin, *Pensamento e ação*, 81.

(1902-1985), organizador do livro *Pensamento e Ação*, que reúne textos de Langevin, portanto profundo conhecedor de sua obra, comenta que Langevin sempre apresentou em seus textos e pronunciamentos uma interpretação dialética de ciência. Mesmo nos primeiros trabalhos, quando Langevin ainda não conhecia o materialismo dialético e utilizava analogias biológicas para ilustrar ou interpretar o trabalho, Labérenne comentou que esse pensamento estaria implícito nos textos.²¹⁰ Como exemplo dessas ‘analogias biológicas’ encontramos a explicação de Langevin a respeito das contradições entre a mecânica clássica e a teoria eletromagnética. Langevin inicia comentando de um sistema no qual os seres vivos estão em equilíbrio, adaptados ao meio em que vivem, até que acontece o contato com outras espécies, aí pode haver “mútua adaptação” ou, a sobrevivência do mais apto.

“... acontece o mesmo com nossas teorias físicas: algumas estão particularmente bem constituídas, resultaram brilhantemente na interpretação e no agrupamento de uma categoria de fatos experimentais...”²¹¹

Essas teorias se desenvolveriam espontaneamente, assimilariam os fatos já conhecidos que estariam dispersos. Finalmente absorveriam as teorias anteriores depois de ter entrado em conflito com elas.

“... do mesmo modo como o trabalho dos seres vivos é facilitado pelas sínteses orgânicas já realizadas nos outros seres de que se alimenta, a nova teoria conserva e utiliza mais ou menos completamente os agrupamentos de fatos já

²¹⁰ Labérenne, *Pensamento e ação*, 79.

²¹¹ Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 04.

constituídos pelas teorias sobre as quais triunfou...”²¹²

A teoria eletromagnética teria assimilado concepções do domínio da óptica e da radiação de calor, os quais as teorias anteriores ficaram “impotentes”. Além disso, a nova teoria conduzia a novas descobertas, reunindo fatos, em diferentes áreas da ciência, até então desconexos. Biologicamente aproximando-se mais de uma ‘cadeia alimentar’ ou ‘teia alimentar’ do que de uma questão de adaptação. Langevin comenta:

“... das nossas duas teorias adversárias, a primeira possui títulos de nobreza de um passado mais antigo, a autoridade de ter assistido a verificação das suas leis tanto pelos astros [...] quanto pelas moléculas dos gases; a segunda, mais jovem e mais viva, adapta-se infinitamente melhor ao conjunto de crescimento que a outra parece ter perdido...”²¹³

Langevin se aproximou do partido comunista francês (PCF) e das teorias marxistas por intermédio do físico Jacques Solomon (1908-1942). Solomon conheceu Langevin em 1927, em um congresso na Argélia. Alguns anos depois ele se casou com a filha de Langevin. Filiou-se ao partido comunista em 1934. Foi por meio de Solomon que Langevin aproximou-se de importantes intelectuais marxistas, entre eles Georges Cogniot (1901-1978) e George Politzer (1903-1942). Solomon foi fuzilado pelos nazistas durante a segunda grande guerra.²¹⁴

Apesar do contato tardio com o pensamento socialista, observamos que Langevin sempre demonstrou preocupação com a relação entre ciência e sociedade. Ele relatou que isso estava relacionado com sua origem e

²¹² Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 04.

²¹³ Ibid.

²¹⁴ Labérenne, *Pensamento e ação*, 79; Bensaude-Vincent, *Langevin: Science et Vigilance*, 193.

formação. Langevin nasceu em 1872, um ano após os episódios da *Comuna de Paris*.²¹⁵ Sua família residia em *Montmartre*, bairro de Paris que estava no epicentro dessa revolta. Cresceu, portanto, em meio aos traumatizados sobreviventes daquele período.

“... eu cresci, no rescaldo da guerra de 1870, [sendo os pais] testemunhas do cerco de Paris e da sangrenta repressão à Comuna [...] eles colocaram em meu coração, por meio de suas histórias, o horror à violência e o desejo apaixonado pela justiça...”²¹⁶

Portanto, desde cedo, o jovem Langevin compreendeu as desigualdades sociais e enfrentou as dificuldades de pertencer a uma família da classe operária. Dedicado aos estudos desde cedo, é aprovado para a *École Primaire Supérieure Lavoisier*, conhecida como ‘Liceu dos pobres’, pois permitia acesso aos filhos de operários. Graças ao seu bom desempenho, ele teve acesso à formação acadêmica superior. Provavelmente isso o influenciou a se engajar nas lutas pela educação na França.

A paixão pela justiça e igualdade social aparece sempre nas palavras e atitudes do cientista, e ao longo do tempo o materialismo dialético passa a ser sua referência. Labérenne comenta que foram vários fatores que conduziram Langevin à concepção marxista de ciência, os principais foram a simpatia de Langevin pela União Soviética e a aproximação com o partido comunista.²¹⁷

As reflexões pessoais e os estudos também contribuíram para o amadurecimento dessas ideias. Na década de 1930, Langevin dirigia sessões

²¹⁵ A *Comuna de Paris* foi um movimento de resistência popular surgido durante a guerra franco-prussiana. Classificada por alguns historiadores como o primeiro governo operário da história, baseada nos princípios da Primeira Internacional dos Trabalhadores. Durou oficialmente de 18 de março a 28 de maio de 1871. Os membros da comuna lutaram contra tropas alemãs e francesas, pois foram contra o armistício assinado após a derrota francesa na guerra. Estima-se que 20000 *communards* foram executados ao final da insurreição.

²¹⁶ Prefácio da revista “Ce q’ une française doit savoir” da Liga de Direitos do Homem.

²¹⁷ Labérenne, *Pensamento e Ação*, 79

do *Grupo de Estudos Materialistas*, que se reunia na biblioteca da *École supérieure de physique et chimie industrielles de la ville de Paris*. Tratava-se de um grupo que tinha dois objetivos, primeiro o de informar os cientistas (mutuamente) sobre o método do materialismo dialético, o segundo objetivo era tentar aplicar o método às diversas ciências. O marxismo era para Langevin a superação da filosofia das luzes²¹⁸

O desenvolvimento da teoria da relatividade: um exemplo de contradições e sínteses

Langevin apresentou diversos pronunciamentos a respeito da teoria da relatividade. Para ele, o desenvolvimento dessa teoria seria um exemplo de evolução por contradições e sínteses. Em seu último pronunciamento sobre o assunto “*La relativité: conclusion générale*” ele procura mostrar evidências de como o desenvolvimento dessa teoria aconteceu. Langevin comenta:

“... contrariamente ao que se possa crer, a teoria da relatividade não foi um processo de geração espontânea, seu desenvolvimento foi um movimento de evolução da física. Ela se impôs como a solução de um conflito secular entre a concepção de ação [de forças] à distância e tempo absoluto e a concepção de ação de propagação gradual (*proche en proche*), que finalmente triunfou...”²¹⁹

Langevin refere-se ao desenvolvimento da relatividade restrita, afirmando que ela foi desenvolvida a partir de uma análise crítica da noção de tempo. Análise provocada pelo conflito entre a concepção newtoniana de forças agindo à distância e a concepção representada por Faraday, na qual a

²¹⁸ Labérenne, *Pensamento e Ação*, 79

²¹⁹ Langevin, “*La relativité: conclusion générale*”, 03.

propagação das ações seria gradual. Seria, portanto, uma teoria apoiada na história da física. Uma “...ligação entre o passado e o futuro...”.²²⁰ Langevin descreveu o desenvolvimento da relatividade como um processo evolutivo, um caminho de contradições e sínteses. Esse confronto/contradição entre as concepções newtonianas e as ideias representadas por Faraday foi o que permitiu a elaboração de uma síntese que culminou na teoria da relatividade restrita. Uma teoria que, ao se desenvolver, criou noções novas, “sem atribuir um valor absoluto decorrentes de um contato superficial com a natureza”, ele acrescenta:

“... na relatividade restrita, as verificações efetuadas por observadores em movimento poderiam parecer contraditórias. Por exemplo, regras idênticas pareceriam diferentes para diferentes grupos de observadores em movimento relativo. Por uma espécie de dialética hegeliana, a relatividade restrita resolveu essas contradições construindo uma síntese na qual cada um dos fatos, aparentemente opostos, representa apenas um aspecto do conjunto...”²²¹

Langevin cita outro exemplo de evolução dialética. A noção de ‘objeto’, que representaria uma ‘síntese’ de um conjunto de sensações táteis e visuais, aparentemente contraditórias. “E quando ‘pensamos’ em objeto, realizamos uma síntese de todas as nossas sensações possíveis a respeito desse objeto”.²²²

Langevin denominava essa perspectiva como sendo a “dialética do pensamento e da ação”. Portanto, a ciência seria, em grande parte, o resultado da necessidade de ação. E essa necessidade de ação determinaria a atividade do pensamento. O mesmo aconteceria no sentido inverso. A necessidade de

²²⁰ Langevin, “La relativité: conclusion générale”, 04.

²²¹ Ibid., 14.

²²² Ibid.

pensar ‘uma vez manifesta’ (*sainte curiosité*), não deixaria o espírito descansar até que construísse uma interpretação dos fenômenos naturais. Seja pela inquietude ancestral, seja por uma satisfação intelectual, a ciência pura produzida iria mostrar uma ‘surpreendente fecundidade’ do ponto de vista da ação, pelas aplicações imprevistas que ela permitiria.²²³ Langevin destaca:

“... a mais fundamental de tais oposições é a que existe entre a experiência e a teoria. É através dela que se desenvolvem os progressos da física...”²²⁴

Seria, portanto, os desacordos entre as previsões teóricas e os resultados experimentais que exigiriam as modificações das representações aceitas até então, ou mesmo “sua completa subversão”. Langevin acreditava que a precisão e a exatidão dos instrumentos de medida provocariam cada vez mais contradições com as teorias, pois permitiriam experimentos que até um período recente não eram possíveis de ser realizados. Quanto mais conflitos, mais rápido se torna o progresso. Com relação à ciência do período, Langevin afirma:

“...Uma característica essencial do período atual é que conflitos desse tipo se tornam mais agudos e progredem mais rapidamente à medida que os recursos da experiência e da teoria se tornam cada vez mais poderosos, devido aos progressos realizados. Os métodos experimentais que nos permitem interrogar a natureza adquiriram e adquirem constantemente uma delicadeza e uma precisão que excede, em muito, os meios

²²³ Langevin, *La Pensée et l'action*, 5.

²²⁴ Langevin, “L’Orientation Actuelle dans les Sciences”, 29-62.

disponíveis aos físicos em tempos relativamente recentes....”²²⁵

As contradições experimentais apontam eventuais limites das teorias que, ao se aprimorarem, melhoram a qualidade dos experimentos e, conseqüentemente, podem gerar novas contradições. Langevin relata que em menos de quarenta anos as medições alcançaram uma precisão extraordinária em eletromagnetismo e óptica. Neste último, ultrapassando a precisão das medições de tempo da astronomia.

“... o desenvolvimento da teoria fundamenta a experiência, permite-nos por seu turno compreender melhor as condições desta última e aumentar constantemente sua precisão aperfeiçoando os instrumentos...”²²⁶

Nesse processo, “experiência” encontraria apoio externo através da técnica e a “teoria” seria apoiada pela matemática. Langevin afirma:

“...Independentemente de suas ações e reações mútuas, a experiência e a teoria encontram apoio e recursos externos, a primeira do lado da técnica, resultante de nossa ciência e a segunda do lado da matemática, para o qual ela também fornece um estímulo precioso [...] Se hoje é possível vislumbrar com Albert Einstein a realização de uma teoria física unitária e coerente, incluindo na mesma síntese eletromagnetismo e gravitação, é graças ao

²²⁵ Langevin, “L’Orientation Actuelle dans les Sciences”, 29-62.

²²⁶ Ibid.

desenvolvimento prévio de geometrias ainda mais gerais do que os imaginados por Riemann...”²²⁷

Outra questão da época refere-se aos conceitos de ‘tempo’ e ‘espaço’. Há um debate interessante quando Langevin discute em um congresso de filosofia, no qual surge a proposta de diferenciar o ‘tempo’ dos físicos (que não seria mais uma grandeza absoluta) do ‘tempo’ dos filósofos.²²⁸ Langevin relaciona o aparecimento da relatividade com essas mudanças dos conceitos de tempo e espaço:

“... aparecem agora questões mais complexas no domínio da física [...] a relatividade geral fez com o espaço a mesma transformação que a relatividade restrita fez com tempo [...] o verdadeiro esforço genial de Einstein foi fazer para o [conceito de] ‘espaço’ críticas equivalentes às que foram feitas anteriormente ao [conceito de] ‘tempo’, bem como à ideia de simultaneidade...”²²⁹

O desenvolvimento da teoria da relatividade era, para Langevin, sua principal referência e suporte para exemplificar o meio pelo qual a ciência se desenvolvia. Para ele, o processo de contradições e sínteses era evidente e confirmava a abordagem materialista dialética, a qual ele acreditava.

²²⁷ Langevin, “L’Orientation Actuelle dans les Sciences”, 29.

²²⁸ Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 06.

²²⁹ Langevin, “La relativité: conclusion générale”, 13.

As diferentes concepções de ciência e da função do cientista na sociedade

Inicialmente observamos que o ponto em comum que encontramos nas diferentes abordagens epistemológicas da época é a ideia, que também permeava o senso comum, de que a ciência era a mais alta expressão do conhecimento.²³⁰ Trata-se de uma visão ‘moderna’ de ciência, que traz consigo a ideia de progresso. A partir desse raciocínio, o saber científico aumenta e cresce com a contribuição de diversas gerações. Nesse sentido, esse saber seria produzido num processo contínuo e aperfeiçoado por meio de constantes revisões e acréscimos. Era um cenário que já vinha sendo construído desde os primeiros anos do século XVII e que ganhou força com a industrialização do século XIX, estando, portanto, muito presente no pensamento de intelectuais do início do século XX.

Apesar de ser uma ideia predominante, não podemos afirmar que a ‘crença no progresso’ fosse uma ideia aceita de forma absoluta e indiscutível, pois, como afirma Paolo Rossi, esse tema era regular e sistematicamente colocado em discussão.²³¹ Entretanto, as três concepções que vamos analisar neste trabalho revelaram ter como base a ideia de ciência como promotora do progresso da sociedade. A concepção de ciência, defendida por Langevin, dialoga com as de outros pensadores da época. Das principais abordagens daquele período, analisaremos duas que se destacam tanto pelos pontos em comum quanto pelas discordâncias do pensamento de Langevin, são elas: o neopositivismo e a epistemologia de Gaston Bachelard.

²³⁰ Beltran & Saito, “História da Ciência, Epistemologia e Ensino”, 01-03

²³¹ Rossi, *Naufraágios sem espectador*, 15-6.

Os positivistas

O início do século XX ainda sofre fortes influências do Positivismo comtiano. Entretanto, quando nos referimos ao Positivismo nesse período, quase um século depois das primeiras publicações de Augusto Comte, devemos lembrar que não se trata mais de uma cartilha única. A filosofia de Comte já recebera, então, diferentes interpretações ao longo do tempo.²³² Entretanto alguns aspectos permaneceram. A filosofia positivista, nas suas diferentes versões, defende que a ciência é uma atividade humana responsável pelo desenvolvimento e pelo bem estar da sociedade. Isso faria da ciência uma atividade superior às demais. Entretanto, a prática científica estaria obrigada a seguir alguns preceitos para proporcionar o progresso da sociedade, entre eles: seguir uma metodologia marcada pela experimentação, ordenação dos resultados advindos das experiências, padronização de condições e conclusões levando em conta apenas os fatos e as relações entre os mesmos, sem buscar explicações para a ocorrência dos fenômenos. Além disso, o positivismo defendia a neutralidade da ciência, ou seja, o cientista deveria abandonar a subjetividade, a fim de obter resultados desprovidos de juízo de valor.²³³ Quanto à origem das ideias positivistas, Langevin comenta que foram:

“...as preocupações utilitárias da época, dominadas pelo rápido desenvolvimento da grande indústria, resultam no surgimento de uma filosofia positiva que afirma estabelecer limites às ambições da ciência e que apenas procura aprimorar a capacidade de previsões...”²³⁴

Analisando cuidadosamente as ideias que circulavam, observamos que existem diferentes perspectivas do “positivismo”. Portanto, intelectuais do período que se apresentavam como positivistas ou que foram posteriormente classificados como positivistas pelos historiadores, na verdade apresentam

²³² Alfonso-Goldfarb, *O que é História da Ciência*, 64.

²³³ Freire Jr, “AS doutrinas positivistas de Augusto Comte e Ernest Mach”, 01

²³⁴ Langevin, “Statistique et déterminisme”, 04.

concepções que divergem, em maior ou menor grau, do que poderia ser classificado como ciência, quais seriam os critérios que definiriam seus limites e como validá-la.

Entre as duas grandes guerras surgiu uma corrente de pensamento denominada de *neopositivismo* ou *positivismo lógico*. Mais precisamente, foi em um seminário em 1929, sob o nome de ‘Círculo de Viena’ proposto por Moritz Schlick (1882-1936) que surgiu esse movimento. Trata-se de um movimento no qual a reflexão sobre a natureza do conhecimento científico se apresentava essencialmente a-histórica.²³⁵ As principais questões propostas pelos positivistas lógicos tratavam do lugar da lógica e da matemática na totalidade da ciência, o papel da indução no trabalho do cientista e a questão de estabelecer uma demarcação entre as teorias científicas e as proposições não científicas.²³⁶ Os neopositivistas tinham como meta chegar a uma ciência unificada, ou seja, abranger todos os conhecimentos fornecidos pelas ciências empíricas. Para atingi-la, propunha-se restringir a concepção de ciência à lógica e à matemática e reduzir o papel da epistemologia à análise da linguagem. Propunham analisar a sintaxe lógica dos enunciados científicos, tendo como base a ‘tese empirista clássica’, ou seja, que a ‘sensação’ seria a única fonte de conhecimento existente.²³⁷ Nesse sentido, conforme relata o filósofo Pierre Jacob, os neopositivistas forneceram respostas coerentes. As propostas da lógica e da matemática são ‘analíticas’ reduzíveis a tautologias, enquanto que as proposições das ciências empíricas são ‘sintéticas’. O que distinguiria as proposições científicas das proposições não científicas ou metafísicas seria seu significado cognitivo que consiste no fato delas serem verificáveis graças aos dados experimentais.²³⁸ Langevin expressava sua discordância, afirmava que os positivistas tinham:

²³⁵ Oliveira, “Sobre o significado político do positivismo lógico”, 05.

²³⁶ Jacob, *De Vienne à Cambridge*, 10.

²³⁷ Beltran & Saito, “História da Ciência, Epistemologia e Ensino”, 03

²³⁸ Jacob, *De Vienne à Cambridge*, 10.

“... uma atitude essencialmente crítica, analítica e estática. Própria para fazer um balanço dos conhecimentos, para formular a estrutura e o conteúdo desses conhecimentos. Entretanto, insuficiente para ampliar esse conhecimento e mostrar o caminho para renová-lo. Mais útil para assinalar as dificuldades do que para resolvê-las. Permite a eliminação das noções e teorias vazias de sentido, mas não permite formular indicações para a construção de noções e teorias novas [...] até os físicos com quem tive a oportunidade de abordar essas questões, consideram-se ofendidos ao dizer que seu trabalho não é nada mais do que tautologia...”²³⁹

Gaston Bachelard também critica essa abordagem positivista, comentando que a experimentação deve afastar-se das condições usuais de observação. Afirmava também que a experiência comum não é de fato construída, apenas feita de observações justapostas, ele relata que:

“... a experiência científica é uma experiência que contradiz a experiência comum. Aliás, a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolvendo-se no reino das palavras e das definições; falta-lhe precisamente esta perspectiva de *erros retificados* que caracteriza, a nosso ver, o pensamento científico...”²⁴⁰

O embate entre Langevin e os que defendiam as ideias neopositivistas se daria principalmente em estabelecer qual seria o instrumento adequado para servir de análise da epistemologia. Para Langevin (e também para Bachelard

²³⁹ Langevin, *Pensamento Ação*, 109.

²⁴⁰ Bachelard, *A formação do espírito científico*, 14.

como veremos mais adiante), seria a História da Ciência, enquanto para os positivistas, como já comentamos, o fundamento estaria na análise interna do discurso científico.

Langevin argumentava que a história mostraria onde terminaria o campo de validade de uma determinada lei ou teoria, neutralizando possíveis argumentos de autoridade e prevenindo extensões ilegítimas dessa lei, além dos seus reais domínios.²⁴¹

“...graças a sua história, [o cientista] deve saber onde acaba o campo de validade das leis que aplica, para que não seja tentado, como frequentemente acontece, a dar-lhes uma extensão ilegítima...”²⁴²

Além disso, o ‘princípio da verificabilidade’ defendido pelos neopositivistas também seria outro aspecto de discórdia. O critério de verificação ou de significância defendia a ideia de que cada proposição, hipótese ou lei, deveria ser passível de ser verificada por meio de experimentos.²⁴³ Concebiam as teorias como ‘instrumentos’ destinados a efetuar previsões observáveis mais do que como explicações ou representações da realidade.²⁴⁴

Isso não significa que o experimento não tenha uma importância fundamental no pensamento de Langevin. Por diversas vezes ele se identifica como um ‘físico experimental’ e o experimento é parte integrante de sua concepção de ciência. A questão seria que atribuir um papel essencial à tradução das afirmações das leis científicas em linguagem de experiências, no caso dos positivistas, em linguagem de sensações, resultaria numa perspectiva oposta ao realismo materialista.

²⁴¹ Bensaude-Vincent, *Langevin : Science et vigilance*, 54.

²⁴² Langevin, “L’esprit de l’enseignement scientifique”, 157.

²⁴³ Beltran & Saito, “História da Ciência, Epistemologia e Ensino”, 03

²⁴⁴ Jacob, *De Vienne à Cambridge*, 10.

“... atribuindo um papel essencial à tradução das afirmações das leis científicas em linguagem de experiência, isto é, em linguagem de sensações, essa doutrina toma uma atitude oposta ao realismo [...] os físicos ficariam amarrados de maneira estreita e constrangedora se renunciassem ao termo realidade [...] pessoalmente sou realista, é difícil ser um físico experimental sem acreditar na realidade, não só dos outros físicos, mas do mundo...”²⁴⁵

Sua crítica à ideia de experimentos dos positivistas se refere ao limite da ‘sensação’ como única fonte de conhecimento, considerava uma “fonte de dificuldades” o fato dos positivistas atribuírem um papel importante à indução.²⁴⁶ Nesse sentido, Langevin critica algumas proposições de Augusto Comte quanto ao limite proposto para a ciência.

“... a prova de que essa doutrina se fecha imediatamente ao futuro e de que é uma doutrina estática, é que seu primeiro autor, Augusto Comte, não receava fixar limites às possibilidades da cadeia experimental, entendia que nunca poderíamos conhecer o que se passa nas estrelas...”²⁴⁷

Também se colocando como um crítico das ideias positivistas, principalmente contra a sua perspectiva a-histórica, encontramos as propostas de Gaston Bachelard.

²⁴⁵ Langevin, *Pensamento e ação*, 108.

²⁴⁶ Ibid.

²⁴⁷ Langevin, “Les nouvelles théories de la Physique”, 235-7.

Gaston Bachelard

Gaston Bachelard (1884-1962) foi um importante filósofo francês. Também formado em Matemática, ele lecionou Física e Química no *Lycée* após a Primeira Grande Guerra. Suas reflexões a respeito de ciência são, em grande parte, fundamentadas na física e na química. Dedicou grande parte dos seus estudos à análise da evolução das ideias e das teorias científicas. Diferente dos positivistas, Bachelard desloca o foco de análise da lógica para a história, ou seja, assim como Langevin, o instrumento de análise da epistemologia não seria a lógica, mas a História da Ciência. Bachelard acreditava que o epistemólogo deveria buscar apenas as ‘ideias fecundas’ de uma determinada época:

“... o epistemólogo, que nisso difere do historiador, deve destacar, entre todos os conhecimentos de uma época, as ideias fecundas. Para ele, a ideia deve ter mais que uma prova de existência, deve ter um destino espiritual...”²⁴⁸

Trata-se de uma abordagem que reflete os trabalhos em História da Ciência daquele período, nos quais se consideravam como ‘erros’ dos homens de ciência do passado toda ideia que não fosse válida até então. Apesar de Bachelard ser conhecido por introduzir o conceito de *obstáculos epistemológicos*, que podem ser entendidos como ‘rupturas’ ou ‘descontinuidades’, ainda assim permanece a ideia que seria a ciência do presente como referência para os acertos e erros da ciência do passado.

²⁴⁸ Bachelard, *A formação do espírito científico*, 14.

“... não vamos hesitar em considerar como erro [...] toda verdade que não faça parte de um sistema geral, toda experiência, mesmo que justa, cuja afirmação não esteja ligada a um método de experimentação geral...”²⁴⁹

A história da ciência defendida por Langevin também apresentava características típicas da época. Ele criticava a abordagem cronológica dos manuais de física, como vimos no primeiro capítulo deste trabalho, mas defendia a ideia dos ‘grandes nomes’ da ciência como referência e, mesmo que indiretamente, valorizava os ‘acertos’ dos pensadores do passado. Entretanto, Langevin tem uma abordagem diferente da apresentada por Bachelard para o que supostamente seriam os ‘erros’. Para ele, as concepções anteriores não estão erradas, trata-se de desenvolvimentos corretos de conclusões exigidas a partir dos fatos experimentais existentes. Langevin relata que:

“...As novas concepções são fundamentadas nos fatos experimentais que nossos antecessores não conheciam. Compete-nos prolongar a sua obra prosseguindo com maior minúcia, de acordo com o meio que dispomos, a adaptação do pensamento aos fatos...”²⁵⁰

Apesar de não termos encontrado nenhuma referência direta nos pronunciamentos de Langevin a respeito das ideias de Bachelard, entendemos que os dois pensadores compartilharam influências semelhantes e conheciam, mesmo que não profundamente, as publicações e pronunciamentos um do outro. Em seu livro *Le nouvel esprit scientifique*, no capítulo no qual aborda as questões a respeito de determinismo e indeterminismo, Bachelard recorre às ideias de Langevin para apoiar sua tese a respeito da noção individualidade do objeto:

²⁴⁹ Bachelard, *A formação do espírito científico*, 14.

²⁵⁰ Langevin, “Le temps, l’espace et la causalité”, 9.

“...Portanto, teremos que encontrar uma maneira de conciliar racionalismo e o realismo. Contudo, não temos aqui nem mesmo esse recurso, uma vez que os elementos do real desprovido de individualidade são indistinguíveis [...] O que parece dar à posição de Langevin toda sua força filosófica é que se trata de uma realidade postulada. É então uma necessidade de método recusar a individualidade a essa realidade postulada. Não temos mais o direito de inscrever qualidades individuais em elementos que definiremos pela integração em um conjunto. O realismo elementar é, portanto, um erro...”²⁵¹

Outras referências a Langevin são encontradas nessa mesma obra de Bachelard, referentes a diferentes temas, normalmente como comprovação ou sustentação de suas teses. Isso demonstra o conhecimento que o filósofo teria a respeito dos trabalhos de Langevin.

A epistemologia de Langevin e o pensamento marxista dos anos 1950

Olival Freire Junior comenta que a abordagem de Langevin, morto em 1946, não teve continuidade entre os marxistas da década de 1950, devido ao distanciamento entre os físicos soviéticos dos físicos da Europa Ocidental devido às questões ideológicas de Estado. As ideias teriam uma boa aceitação entre os físicos, mas eram contrárias às interpretações dominantes no campo ideológico. A interpretação da teoria quântica era ‘quase uma posição oficial de Estado’.²⁵² O “pensamento dominante” entre os marxistas teria revelado um viés mecanicista, criando uma oposição entre o desenvolvimento da filosofia

²⁵¹ Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, 100.

²⁵² Freire Jr, “Dialectical materialism and the quantum controversy”, 309.

marxista e do desenvolvimento histórico da ciência. Como evidência desse afastamento, Freire Jr relata a interrupção da correspondência entre Bohr e vários cientistas soviéticos, frequentes antes da Segunda Guerra, mas inexistentes após 1947. Essa situação de tensão, devido à Guerra Fria, só teria terminado após a morte de Stalin.²⁵³

Apesar do reconhecimento da importância do trabalho de Langevin pelos marxistas franceses, a 'tese dominante' do Estado Soviético, que também influenciou marxistas de outras partes do mundo, predominou nas publicações francesas do período. Esse ambiente constituiu uma atmosfera desfavorável ao desenvolvimento das ideias de Langevin por outros físicos.

Apesar desse distanciamento de ideias intensificado com o aprofundamento da Guerra fria, Langevin continuou sendo uma importante referência na área de educação científica na França. Seus trabalhos de divulgação científica influenciaram outros autores do gênero e ainda são citados em publicações atuais. Seu corpo está sepultado no *Panthéon de Paris*, destinado aos heróis franceses, o respeito e reverência dos franceses por Langevin demonstram a importância desse intelectual que marcou a história da França.

²⁵³ Freire Jr, "Dialectical materialism and the quantum controversy", 318.

Considerações finais

Observamos que a crescente valorização da ciência pela sociedade francesa no final do século XIX e início do século XX foi um fenômeno simultâneo ao processo da industrialização dos países europeus e trouxe significativas mudanças ao modo de vida e às relações sociais. Nesse sentido, ambas, a industrialização e a ciência, eram vistas como sinônimo de progresso.

Importantes evidências disso são as frequentes discussões a respeito do sistema de ensino na França. As disputas entre os que propunham um ensino científico com ênfase no ‘conhecimento utilitário’ com aqueles que defendiam a ‘cultura desinteressada’ fizeram parte dos debates que antecederam as reformas educacionais da França desde a segunda metade do século XIX até o início do século XX, evidenciando a crise que existia no sistema educacional francês. Como afirmava o escritor Charles Péguy (1873-1914) nos *Cahiers de la quinzaine*, quando se descobre que o ensino está em crise, significa que a sociedade está em crise. Havia, portanto, uma “crise da vida”.²⁵⁴

As frequentes propostas de reformas no sistema de ensino eram, portanto, reflexo das profundas mudanças pelas quais passava a sociedade francesa. Trata-se de um contexto conturbado no qual a ciência e a técnica mudaram o conceito de guerra, mostrando à sociedade o horror da destruição em grande escala. Além disso, a mecanização nas indústrias traz importantes discussões éticas que procuram um equilíbrio entre o aumento de produtividade, o bem estar do trabalhador e o acesso de toda a sociedade aos benefícios que essas mudanças proporcionariam.²⁵⁵

A sociedade, que no início do século XX enxergava no cientista um cidadão de sólida ‘envergadura moral’ e, supostamente capacitado a orientar os caminhos a serem percorridos, perceberam com o passar do tempo que se tratava de pessoas éticas e moralmente imperfeitas.

²⁵⁴ Péguy, *Cahiers de la quinzaine*, 18.

²⁵⁵ Freire Jr, “As doutrinas positivistas de Augusto Comte e Ernest Mach”, 01.

As diferentes formas de pensar a ciência e a sociedade também disputavam espaços. Observamos, nas palavras de Marcelin Berthelot, a influência do positivismo de Augusto Comte, quase uma ‘crença’ na capacidade transformadora do pensamento científico. A ciência deveria fazer parte do ensino, pois ela seria o motor do desenvolvimento da sociedade, além de ser a referência moral e ética a ser ensinada. A química, sua área de atuação, tornava-se imprescindível para a indústria, aproximando ainda mais a ciência do que seria a ‘sociedade desenvolvida’.²⁵⁶

Henri Poincaré era quase trinta anos mais novo que Berthelot, ainda assim influenciado pela perspectiva positivista comteana, era defensor de um ensino científico utilitário, para ele, seria necessidade formar os jovens franceses para atuarem nas indústrias, sempre acompanhados de uma sólida formação na língua francesa.²⁵⁷

Paul Langevin, o mais jovem dos três, tido como um continuador de Berthelot na área da educação torna-se referência para os franceses na questão do ensino de ciências. Após passar pela Primeira Grande Guerra, inclusive desenvolvendo tecnologia militar de localização de submarinos, Langevin torna-se um pacifista. Incorpora em seu discurso o valor humano da ciência e propõe essa abordagem na reforma do sistema de ensino francês que, mais tarde seria conhecida como a reforma ‘Langevin-Wallon’. Reforma que começou a ser construída na clandestinidade de um governo provisório em Argel, em oposição ao desmonte do ensino fundamental feito pelo governo ‘nominal’ de Vichy. Conforme alguns historiadores, essa foi uma reforma da qual muito se falou, mas pouco se aplicou, pois como comentamos no primeiro capítulo deste trabalho, mesmo após a *Liberación*, ela nunca chegou a ser implementada pelo governo francês.²⁵⁸

Langevin propunha uma ciência ‘viva’ para uma educação ‘viva’. Criticou os manuais escolares de física devido ao conteúdo que ele classificou como

²⁵⁶ Berthelot, *Science et libre pensée*, 01-4.

²⁵⁷ Poincaré, “Les sciences et les humanités”, 255-60.

²⁵⁸ Michaut, “Les multiples vies de Paul Langevin”, 02-10.

sendo dogmático. Sua participação ativa na Cooperativa de Ensino de Mm. Curie evidenciou a coerência de Langevin com seu discurso. Nesse caso, uma ação com um caráter muito mais político do que pedagógico. Manteve a coerência também ao defender o uso da história da ciência no ensino, seria pela história que se evitaria o dogmatismo, apresentando aos jovens estudantes uma perspectiva de ciência como construção contínua, acessível a todos. Sua proposta seria utilizar documentos originais com os estudantes, assim eles seriam capazes de compreender a ‘humanidade’ por trás dos grandes nomes da ciência. Nesse sentido, Langevin defendeu a criação de uma cadeira de História da Ciência na universidade.²⁵⁹

Destacamos nos três capítulos deste trabalho a influência da filosofia positivista nas discussões sobre ensino e nos debates durante sobre a crise do determinismo. Os positivistas daquele período procuravam novas formas de fundamentar sua filosofia. Como vimos, eles estabeleceram demarcações para classificar o que seria ciência, fundamentados na lógica e nos experimentos. Essa abordagem foi alvo de críticas, tanto por parte de Langevin quanto por Bachelard. Entretanto, demonstramos que a influência do positivismo pode ser observada no trabalho dos dois. Bachelard apresentou pela primeira vez a ideia de uma ciência ‘não linear’, na qual uma teoria suplanta a outra e o novo conhecimento é construído contra os ‘obstáculos epistemológicos’.²⁶⁰ Langevin compreendia o desenvolvimento da ciência por contradições e sínteses, o materialismo dialético fundamentava suas ideias. Ele usava analogias evolucionistas para descrever processo no qual uma teoria científica superava outra. Diferentes teorias se contrapõem procurando explicar determinados resultados experimentais ainda não completamente compreendidos. Podendo, dependendo do caso, uma teoria prevalecer sobre a outra completamente, trazendo ou não parte da teoria anterior ou englobá-la de modo que a nova teoria tenha um maior alcance que a anterior. Análogo a um ecossistema, inicialmente equilibrado, que por alguma razão desequilibra-se e sobrevivem os

²⁵⁹ Bensaude-Vincent, “L’histoire des sciences comme remède à tout dogmatisme”, 312-22.

²⁶⁰ Bachelard, *A formação do espírito científico*, 17-28.

seres que melhor se adaptem às novas condições. Importante salientar um ponto em comum entre essas diferentes abordagens, a ideia de progresso.²⁶¹

A escolha do pensamento de Langevin como estudo de caso mostrou-se adequada aos nossos objetivos. Ele identificou e participou das principais demandas da sociedade e do meio científico. Produziu um vasto material que sintetiza os principais debates entre os intelectuais franceses. Utilizou os meios de comunicação disponíveis para divulgar a ciência. Foi editor da revista *La Pensée*, periódico que ele próprio considerava sua 'obra mais querida'. Direcionada ao público em geral, essa revista atendeu às preocupações de Langevin a respeito da 'cultura geral'. Revista que continuou sendo publicada por muitos anos após sua morte.

Os dois primeiros capítulos deste trabalho apresentam o esforço de Langevin na formação científica do cidadão francês. O primeiro capítulo abordou os espaços formais de educação, como liceus e universidades. O capítulo dois transitou por outros espaços, não menos importantes para Langevin, que acreditava na importância da educação científica para todos. O terceiro capítulo mostrou os aspectos principais da epistemologia de Langevin, aplicada em todos os espaços nos quais ele trabalhou para divulgar os mais recentes trabalhos científicos da época.

Muitos aspectos que surgiram ao longo desta pesquisa podem e devem ser aprofundados. Este trabalho não tem a pretensão de ser definitivo, ao contrário disso, procura abrir caminhos para novos estudos que vão além do escopo que estabelecemos para esta obra.

²⁶¹ Labérenne, *Pensamento e ação*, 79-88.

Bibliografia

- Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. *O que é História da Ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- _____. “Centenário Simão Mathias: Documentos, Métodos e Identidade da História da Ciência.” *Circumscribere* 4 (2008): 5-9.
- _____. & Maria Helena Roxo Beltran, orgs. *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Educ / Livraria da Física / Fapesp, 2004.
- _____, 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.
- Bachelard, Gaston. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1977.
- _____. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto editora, 2013.
- _____. *Le nouvel esprit scientifique*. Paris: Les presses universitaires de France, 1968.
- Belhoste, Bruno. “L’enseignement secondaire Français et les sciences au début du XX^e siècle. La réforme de 1902 des plans d’études et des programmes”. *Revue d’histoire des sciences*. Tomo 43, n^o4, (1990): 371-400.
- 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.
- _____. & Fumikazu Saito. “História da ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse diálogo”. *Atas do VIII ENPEC Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (2012), <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1396-1.pdf> (acessado em 24 de dezembro de 2019).
- _____. F. Saito, L. dos S. P. Trindade. *História da ciência para formação de professores*. Série Temas em História da Ciência. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- _____. Bromberg, C. Trindade, L. dos Santos P. Saito, F. *A imprensa, a pólvora e a bússola: ciência e técnica nas origens da ciência moderna*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

- Bensaude-Vincent, Bernadette. *Langevin: Science et Vigilance*. Paris : Belin, 1987.
- _____. "La place des réflexions sur l'école dans l'œuvre de Paul Langevin". In *Paul Langevin et la réforme de l'enseignement*. Paris : PUG, 2010, D:/Downloads/PUG_Extrait_Paul_langevin_et_reforme_enseignement%20(1).pdf (acessado em 26 de agosto de 2019).
- _____. "L'histoire des sciences comme remède à tout dogmatisme". *Revue d'histoire des sciences* n° 2 (2005): 311-28.
- _____. "When a physicist turns on philosophy: Paul Langevin (1911-39)". *Journal of the History of Ideas* v49 n° 2 (1988): 319-38.
- Bergson, Henri. *Durée et simultanéité: a propos de la théorie d'Einstein*. Paris: Librairie Félix Algan, 1922.
- Berthelot, Marcellin. *Science et libre pensée*. Paris: Calmann Lévy, 1905.
- _____. *Science et philosophie*. Paris: Calmann et Lévy, 1886.
- _____. *Science et éducation*. Paris: Société Française d'Imprimerie et de Librairie Legèner ; Oudin et C., 1901.
- _____. *Science et morale*. Paris: Paris: Calmann Lévy, 1896.
- Bortolotto, A., Lobato C. de B., Tonetto S. R., Ferraz M. H. M., Alfonso-Goldfarb A. M. & Beltran M. H. R. "Dissecando a matéria entre os séculos XVIII e XX" In *História da Ciência: tópicos atuais 2*, org. Maria Helena Roxo Beltran, Fumikazu Saito, & Laís dos Santos Pinto Trindade, 103-30. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.
- Canguilhem, Georges. *Estudos de história e de filosofia das ciências*. Rio de Janeiro: GEN; Forense Universitária, 2012.
- Casanova, Antoine. "40^e anniversaire de 'La Pensée' (1939-1979)" *La Pensée* n° 205 (1979): 3-9.
- Cestari Jr., D. Hermes "O conceito de descoberta científica: os raios de Roentgen como estudo de caso". Dissertação de Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015.
- Cogniot, Georges. "Esquisse d'une politique française de l'enseignement" <http://claude.rochet.pagesperso-orange.fr/ecole/docs/esquisse.pdf> (acessado em 01 de dezembro de 2019).
- Comte, Auguste. *Appel aux conservateurs*. Paris: Chez l'auteur e Chez Victor Dalmont, 1855.
- _____. *Cours de Philosophie Positive*. Tomo 1. Paris: Rouen Frères, 1830.
- _____. *Curso de filosofia positiva; Discurso sobre o espírito positivo; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista*. Trad. J. A. Giannotti e M. Lemos. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

- Corvez, Maurice. "Positivisme ou réalisme de la physique contemporaine". *Revue de métaphysique et de morale*. n°3 (1971): 362-76, https://www.jstor.org/stable/40901316?read-now=1&refreqid=excelsior%3A6357c39c96ac0511d0357683ff0f3b93&seq=1#page_scan_tab_contents. (acessado em 20 de dezembro de 2019).
- During, Élie. "Langevin ou le paradoxe introuvable" *Revue de métaphysique et de morale* n° 4 (2014): 513-27.
- Enriques, F. "Déterminisme et indéterminisme au XIX^e siècle et au début du XX^e siècle". In *Causalité et Déterminisme* dans la philosophie et l'histoire des sciences. Paris : Hermann & C Éditeurs, 1941.
- Fataliev. K. *O materialismo dialético e as ciências da natureza*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1966.
- Ferrer, Alejandro T. "Plan Langevin-Wallon". El manifesto educativo. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3036614.pdf> (acessado em 22 de novembro de 2019).
- Fortoul, Hippolyte. "Instruction générale sur l'exécution du plan d'études des lycées". *Bulletim administratif de l'instruction publique* 5, n° 59 (1854) : 339-461.
- Freire Jr, Olival. "Dialectical materialism and the quantum controversy : the viewpoints of Fock, Langevin, and Taketani". *Nature, Society, and Thought*. (1995): 309-28, <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/149958/nst083.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (acessado em 24 de dezembro de 2019).
- _____. "L'Interpretation de la mecanique quantique selon Paul Langevin". *La Pensée* 292 (1993): 117-34, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34348981h/date> (acessado em 10 de dezembro de 2019).
- _____, Pereira, L. dos Santos. "As doutrinas positivistas de Augusto Comte e Ernst Mach: diferentes posturas em relação ao atomismo no século XIX". *XVI encontro Nacional de Ensino de Química ENEQ*. <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/7569/5337>. (acessado em 10 de dezembro de 2019).
- George, Jean. "La Pensée 1939-1944". *La Pensée* n° 300 (1994): 63-72.
- Gispert, Hélène. "L'enseignement des mathématiques au XXe siècle dans le contexte français" <https://culturemath.ens.fr/print.php?nid=2817&print=yes> (acessado em 12 de novembro de 2019).
- Hulin, Nicole. "Études sur l'histoire de l'enseignement". In. *Revue d'histoire des sciences*. Tomo 43, N°4, (1990): 477-80. https://www.persee.fr/doc/rhs_0151-4105_1990_num_43_4_4507
- _____. "A propos de l'enseignement scientifique : une réforme de l'enseignement secondaire sous le Second Empire : la 'bifurcation' (1852-1864)" *Revue d'histoire des sciences*. Tomo 35, n°3 (1982): 217-245.

_____. “Culture et Utilitarisme: les sciences dans l’enseignement” *Scientiarum Historia* 29. (2003): 167-79, D:/Downloads/9078-16893-1-PB.pdf (acessado em 20/12/2019).

_____. “L’histoire des sciences dans l’enseignement scientifique” revue française de pédagogie v.66 (1984): 15-27, https://www.persee.fr/doc/AsPDF/rfp_0556-7807_1984_num_66_1_1578.pdf (acessado em 30 de novembro de 2019).

_____. “L’enseignement des sciences naturelles au XIXe siècle dans ses liens à d’autres disciplines”. *Revue d’histoire des sciences*. Tomo 55, n^o1 (2002): 101-20, https://www.persee.fr/doc/rhs_0151-4105_2002_num_55_1_2145 . (acessado em 22 de dezembro de 2019).

Jacob, Pierre. *De Vienne à Cambridge: l’héritage du positivisme logique*. Liège: Gallimard, 2007.

Juliot-Curie, F. “Paul Langevin rationaliste” *La Pensée* no 12 (1947): 57-8.

Kant, Immanuel. *Crítica da faculdade do juízo*. Trad. V. R. A. Marques. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

Khun, Thomas. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2007.

_____. *A Tensão Essencial*. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

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

_____. *Le Principe de Relativité*. Paris: Etienne Chiron Éditeur, 1922.

_____. “La valeur éducative de l’histoire des sciences”. *Bulletin de la société française de pédagogie* 22 (1926) : 692-700, https://www.academie-sciences.fr/pdf/hse/pse_Sanchez1.pdf. (acessado em 05 de setembro de 2019).

_____. “Extraits de l’introduction du plan Langevin-Wallon”, <http://charles-de-gaulle.org/enseigner-de-gaulle/extraits-de-lintroduction-du-plan-langevin-wallon-projet-global-de-reforme-de-lenseignement-et-du-systeme-educatif-francais1947/> (acessado em 05 de setembro de 2019).

_____. *La notion de corpuscules et d’atomes*. Paris: Hermann et C^{ie} éditeurs, 1934.

_____. “La pensée et l’action” *Union française universitaire* 1946.

_____. “Henri Poincaré, le physicien”. *Revue de métaphysique et de morale* n^o5 (1913): 675-718.

_____. “L’évolution de l’espace et du temps”. *Scientia* n^o10 (1911): 31-54.

_____. “Le temps, l’espace et la causalité dans la physique contemporaine”. *Bulletin de la Société française de Philosophie* (1911): 301-44.

- _____. “L’esprit de l’enseignement scientifique”. *L’enseignement des mathématiques et des sciences physiques*. (1904): 73-105.
- _____. “La physique des électrons”. *Revue générale des sciences* (1905): 1-69, https://fr.wikisource.org/wiki/La_physique_depuis_vingt_ans/La_Physique_des_%C3%A9lectrons (acessado em 12 de novembro de 2019).
- _____. “La physique du discontinu”. *Les progrès de la physique moléculaire* (1914): 189-264. https://fr.wikisource.org/wiki/La_physique_depuis_vingt_ans/La_Physique_du_discontinu (acessado em 23 de dezembro de 2019).
- _____. “L’aspect general de la théorie de la relativité”. *Bulletin scientifique de l’Association des étudiants de Paris* (1922): 2-22, https://fr.wikisource.org/wiki/L%E2%80%99Aspect_g%C3%A9n%C3%A9ral_de_la_th%C3%A9orie_de_la_relativ%C3%A9 (acessado em 23 de dezembro de 2019).
- _____. “La théorie de la relativité”. *Bulletin de la Société française de Philosophie* (1922): 07-29.
- _____. “La contribution des sciences physiques à la culture générale” *Bulletin de la Société française de Pédagogie* (1931): 301-44.
- _____. “La valeur humaine de la science”. *Les cahier rationalistes* n° 08 (1940): 35-50.
- _____. “Statistique et déterminisme”. In *La statistique. Ses applications. Les problèmes qu’elles soulèvent*. Paris: PUF, 1944. <https://fr.slideshare.net/pelangevin/statistique-et-determinisme-par-paul-langevin> (acessado em 24 de novembro de 2019).
- _____. “Culture et humanités” *La pensée* n° 01 (1944): 25-31. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58159352> (acessado em 12 de novembro de 2019).
- _____. “Le problème de la culture générale”. *Pour l’ère nouvelle* n° 81 (1932): 239-45, <http://www.unicaen.fr/recherche/mrsh/sites/all/modules/ereNouvelle/pdf/1932-81.pdf> (acessado em 28 de dezembro de 2019).
- _____. “La science et la paix” *La Pensée* no 12 (1947): 3-7.
- _____. “Matérialisme mécaniste et matérialisme dialectique” *La Pensée* no 12 (1947): 8-12.
- Langevin, Luce. “Paul Langevin et Albert Einstein d’après une correspondance et des documents inédits” *La Pensée* n° 161 (1972): 03-40, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34348981h/date1972.liste> (acessado em 20 de dezembro de 2019).
- Laplace, Pierre-Simon. *Essai philosophique sur lés probabilités*. Paris: bachelier, 1840.

- Leygues, Georges. *L'école et la vie*. Paris: Calmann-Levy, Éditeurs, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5535101b/f2.image.textelimage> (acessado em 22 de dezembro de 2019).
- Liard, Louis. "Conférence de Louis Liard sur les sciences dans l'enseignement secondaire". *Les sciences dans l'enseignement français*. Tome 1 (1995) : 625-30.
- Lopes, C. V. M. & D. M. Marques. "Modelos Atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford". In: *História da Ciência: tópicos atuais*, orgs. M. H. R. Beltran, F. Saito, L. dos S. T. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010: 131-158.
- _____. "Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica a introdução da teoria quântica". Tese de Doutorado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.
- Michaut, Cécile. "Les multiples vies de Paul Langevin" <https://www.pourla-science.fr/sd/histoire-sciences/les-multiples-vies-de-paul-langevin-2183.php> (acessado em 30 de dezembro de 2019).
- Michaux, Bernard. "La Pensée libre 1941-1942". *La Pensée* n° 291 (1993): 115-24.
- Paty, Michel. "A noção de determinismo na física e seus limites". *Scientiae studia* n° 04 (2004): 465-92, http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662004000400002 Acessado em 10 de dezembro de 2019).
- _____. "Poincaré, Langevin et Einstein". *Epistémologiques (philosophy, sciences, histoire)* n° 01 (2002): 33-73. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00170722/document> (acessado em 28 de dezembro de 2019).
- _____. "Langevin (1872-1946), la relativité et les quanta" *Bulletin de la Société française de Physique* (1999): 15-20.
- Perrin, Jean. "Relativité". *Actualités scientifiques et industrielles* 877 (1941): 7-38.
- Poincaré, Henri. *Calcul des probabilités*. Paris : Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire, 1912. Disponível em <https://archive.org/details/calculdeprobabil00poinrich/page/n5> (consultado em 26/12/2019).
- _____. *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.
- _____. *Ensaio Fundamentais*. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 2008.
- Politzer, Georges. "La philosophie et les mythes" *La Pensée* n° 01 (1939): 15-38. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34348981h/date1939.liste> (acessado em 25 de novembro de 2019).
- Popper, Karl. *A Lógica da Pesquisa Científica*. Trad. L. Regenberg, O. S. da Mota. São Paulo: Cultrix, 2013.
- Rossano, Pierre. "Plan Langevin-Wallon (1947) et système éducatif du secondaire em 1991". *Communication et langages* n° 90 (1991) : 34-46.
- Rossi, Paolo. *Naufraios sem espectador: a ideia de progresso*. Trad. A. Lorencini. São Paulo: Editora Unesp, 1996.
- Russell, Bertrand. *A Perspectiva Científica*. Trad. J. B. Ramos. São Paulo: Companhia Editora Nacional: 1956.
- _____. *História da filosofia ocidental*. Trad. Brenno Silveira. São Paulo: Companhia Editora Nacional: 1957.
- Saito, F. "'Continuidade' e 'Descontinuidade': o processo da construção do conhecimento científico na história da ciência". *Revista da FAEEDBA – Educação e Contemporaneidade*. V.22, n° 39. (jan/jul 2013): 183-94.
- _____. & M. H. R. Beltran. "Revisitando as relações entre ciência e *techné*: ciência, técnica e tecnologia nas origens da ciência moderna", in *Anais eletrônicos do 14o Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia*, org. P. P. Silva & B. G. Figueiredo, 1-13. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- Schenberg, Mario. *Pensando a Física*. São Paulo: Landy Editora, 2001.
- Seclet-Riou, F. "Paul Langevin Éducateur" *La Pensée* n°12 (1947): 45-56.
- Sorel, E. & Boutan P. "Le plan Langevin-Wallon une utopie vivante" *Éducation et Formation* (1998), https://www.numilog.com/LIVRES/ISBN/9782705944094.Livre?utm_source=PDF-excerpt (acessado em 22 de dezembro de 2019).
- _____. "Un cinquantenaire: la naissance de la commission Langevin-Wallon" *La Pensée* n° 300 (1994): 73-94.
- Tonetto, Sonia Regina. "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". Tese de Doutorado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014.
- Thenard, L. J. *Traité de chimie*. Paris: Grochard, 1834, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k7372p.image> (acessado em 28 de dezembro de 2019).
- Vogt, Carlos. *A Utilidade do Conhecimento*. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 2014.