

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA**

FILIPE PEREIRA FARIA

**PIAGET E GARCÍA E A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA NO
BRASIL**

**BAURU – SP
2020**

FILIPE PEREIRA FARIA

**PIAGET E GARCÍA E A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA NO
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências, da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru – SP, como requisito à obtenção do título de doutor, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro.

**BAURU – SP
2020**

Faria, Filipe Pereira.

Piaget e García e a pesquisa em ensino de Física no Brasil / Filipe Pereira Faria. -- Bauru, 2020
250 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: Marcelo Carbone Carneiro

1. Ensino de Física. 2. Construtivismo. 3. Psicogênese.
4. História e Filosofia da Ciência. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE FILIPE PEREIRA FARIA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS DE BAURU.

Aos 01 dias do mês de setembro do ano de 2020, às 09:00 horas, no(a) online e à distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Professor Associado MARCELO CARBONE CARNEIRO - Orientador(a) do(a) Departamento de Ciências Humanas da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Unesp - câmpus de Bauru / Universidade Estadual Paulista, Profa. Dra. SILVIA PARRAT-DAYAN do(a) Archives Piaget / Université de Genève, Prof. Dr. RAMIRO TAU do(a) Archives Jean Piaget / Université de Genève, Prof. Dr. ROBERTO NARDI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof(a). Dr(a). ADRIÁN OSCAR DONGO MONTOYA do(a) Departamento de Educação e Desenvolvimento Humano / Unesp, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de FILIPE PEREIRA FARIA, intitulada **Piaget e García e a Pesquisa em ensino de Física no Brasil**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final **Aprovado**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Professor Associado MARCELO CARBONE CARNEIRO

Profa. Dra. SILVIA PARRAT-DAYAN

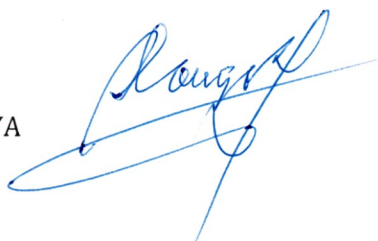


Prof. Dr. RAMIRO TAU




Prof. Dr. ROBERTO NARDI

Prof(a). Dr(a). ADRIÁN OSCAR DONGO MONTOYA



AGRADECIMENTOS

Ao *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense* pelo suporte concedido para a conclusão desta etapa acadêmica.

À *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*, ambiente principal de minha formação como professor e pesquisador.

Aos *Archives Jean Piaget da Université de Geneve* pelo acolhimento e pelos materiais disponibilizados para esta pesquisa.

Ao Professor Marcelo Carbone pelas orientações e pela companhia nesses anos de formação na Pós-Graduação.

À Professora Anna Maria Pessoa de Carvalho pela gentileza em nos receber no LaPEF e pela inspiração que representa para nossa área de pesquisa.

À minha família.

FARIA, Filipe Pereira. **Piaget e García e a pesquisa em Ensino de Física no Brasil**. 2020. 250f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauru, 2020.

RESUMO

A presente tese tem como objetivo principal analisar a influência do pensamento de Jean Piaget e Rolando García na pesquisa em ensino de Física no Brasil, tomando como referência a produção acadêmica desenvolvida no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, grupo de pesquisa fundado e coordenado pela Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho. Com base em entrevista realizada com a docente e na análise qualitativa de conjunto de teses e dissertações apresentadas pelo grupo, verificamos a relevância da construção teórica realizada pela colaboração Piaget-García para o estabelecimento de estratégias de investigação do LaPEF em seus primeiros anos de formação, especialmente no que diz respeito à questão da construção das noções físicas na psicogênese e na história da Ciência e da construção de uma explicação física. Na pesquisa, demos especial destaque à figura de Rolando García, do qual trazemos registro inédito no Brasil de conferência realizada na Universidade de Genebra no ano de 1982. Das conclusões constam implicações dos elementos discutidos para o ensino de física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Construtivismo; Psicogênese; História e Filosofia da Ciência.

FARIA, Filipe Pereira. **Piaget and García and the research in Physics Teaching in Brazil.** 2020. 250f. Thesis (Doctorate in Science Education). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauru, 2020.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to analyze the influence of Jean Piaget's and Rolando García's thought on research in physics teaching in Brazil, taking as reference the academic production developed in the Laboratory of Research and Teaching of Physics (LaPEF) of the Faculty of Education of the University of São Paulo, a research group founded and coordinated by Prof. Dr. Anna Maria Pessoa de Carvalho. Based on an interview with the professor and the qualitative analysis of a set of theses and dissertations presented by the group, we verified the relevance of the theoretical construction carried out by the collaboration Piaget-García for the establishment of research strategies of LaPEF in its first years of formation, especially with regard to the construction of physical notions in psychogenesis and in the history of Science and the construction of a physical explanation. In the research, we gave special prominence to the figure of Rolando García, of which we bring unprecedented record in Brazil of a conference at the University of Geneva in 1982. The conclusions include implications of the elements discussed for the teaching of physics.

Keywords: Physics Teaching; Constructivism; Psychogenesis; History and Philosophy of Science.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. PIAGET E GARCÍA.....	16
2.1. Jean Piaget e sua teoria do desenvolvimento.....	16
2.2. O trabalho interdisciplinar no Centro Internacional de Epistemologia Genética.....	18
2.3. Rolando García e o trabalho com Piaget.....	22
2.4. A construção do conhecimento em Piaget e García.....	25
2.5. A construção do conhecimento e os mecanismos de passagem.....	37
2.5.1. Os mecanismos de passagem na História da Ciência (exemplo na evolução da Física de Aristóteles a Newton).....	38
2.5.2. Os mecanismos de passagem na Psicogênese.....	48
2.6. Os Mecanismos comuns na Estruturação do Conhecimento.....	56
2.6.1. A <i>pseudonecessidade</i>	58
2.6.2. O mecanismo de passagem entre “Predicados - Relações - Transformações”. 62	
2.6.3. Considerações acerca da Independência entre Metodologia e Quadro Epistêmico.....	64
3. A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS E O LABORATÓRIO DE PESQUISA E ENSINO DE FÍSICA (LaPEF) DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.....	68
3.1. A educação científica no Brasil.....	70
3.2. O LaPEF.....	90
4. GARCÍA, PIAGET E O LAPEF.....	95
4.1. Contextualização e Procedimentos Metodológicos.....	95
4.2. Elementos Entrevista (Anna Maria Pessoa de Carvalho).....	102
4.3. Produção Acadêmica do LaPEF no período selecionado.....	110
4.3.1. Maria Lúcia Vital dos Santos Abib (1983).....	110
4.3.2. Odete Pacubi Baiarl Teixeira (1985).....	114
4.3.3. Anna Maria Pessoa de Carvalho (1986).....	118

4.3.4. Carlos Eduardo Laburú (1987).....	124
4.3.5. Moacyr Ribeiro do Valle Filho (1989).....	128
4.3.6. Gilmar Trivelato (1989).....	132
4.3.7. Dirceu da Silva (1989).....	139
4.3.8. Roberto Nardi (1990).....	144
4.3.9. Maria Eliza Gonçalves (1991).....	151
4.3.10. Outras investigações.....	157
5. CONCLUSÕES.....	163
5.1. O “Piaget de Dona Amélia”.....	165
5.2. Psicogênese e História da Ciência.....	166
5.3. O que é uma explicação física?.....	170
5.4. García como intérprete da Teoria Genética.....	171
6. REFLEXÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	176
6.1. Aprofundamento do diálogo entre Psicologia e Pedagogia.....	177
6.2. A atividade do sujeito.....	179
6.3. O papel e a importância do professor.....	182
6.4. O papel dos materiais e das situações experimentais no ambiente pedagógico.....	184
6.5. A Construção das noções físicas.....	187
6.6. A Causalidade física.....	189
6.7. História e filosofia das ciências.....	190
6.8. Da dimensão sociocultural do conhecimento científico.....	192
REFERÊNCIAS.....	195
APÊNDICE I – Entrevista: Anna Maria Pessoa de Carvalho.....	212
APÊNDICE II – Conferência: Rolando García (1982).....	228
ANEXO I – Produção Acadêmica (LaPEF).....	240

1. INTRODUÇÃO

O papel de um educador no contexto brasileiro não costuma ser visto como tarefa trivial. Seja nos noticiários tradicionais, em revistas especializadas ou mesmo nas conversas informais, o trabalho do professor, embora nem sempre visto com o respeito dado a outras categorias, por vezes é comparado a um sacerdócio belíssimo, porém penoso. As dificuldades enumeradas vão desde a escassez de estruturas básicas para as salas de aula, alunos desmotivados e indisciplinados, uma formação básica docente insuficiente para as demandas da realidade escolar, isso sem falar no notório desinteresse e competição irrisória pelas vagas em cursos de licenciatura nas universidades brasileiras.

A título de exemplo, em pesquisa realizada por Leme (2012) com estudantes dos cursos de licenciatura da Universidade de São Paulo (USP), constatou-se que cerca de metade dos licenciandos nas áreas de física e de matemática não pretendiam seguir a carreira docente na educação básica (em física, mais da metade!). O desprestígio social da carreira, as péssimas condições de trabalho e a remuneração abaixo do padrão observado em outras carreiras de formação superior são apontados entre os motivos do desinteresse dos estudantes pela profissão.

No que se refere ao ensino de física, associadas às dificuldades supracitadas incluem-se ainda outras adicionais, desde a escassez de docentes qualificados até o fato dessa disciplina estar comumente alocada na fase final da formação básica dos estudantes (o que faz com que o professor encontre o educando numa fase em que algumas etapas de ensino podem ter sido deixadas de lado, bem como algumas ferramentas cognitivas acabam sendo pouco estimuladas nos anos anteriores). Somado a todo esse cenário, convém observar a existência de dificuldades naturais associadas às peculiaridades das disciplinas científicas que por vezes demandam atenção mais próxima entre professores e estudantes, resultando, por vezes, num estigma recorrente às chamadas disciplinas “exatas”.

É prudente destacar ainda que a recorrentemente apontada falta de professores com formação específica para o ensino da disciplina no país, não está atrelada exclusivamente ao baixo contingente de graduados na área, mas também é aprofundada de forma significativa pelo êxodo de tais profissionais para outras atividades correlatas que disponham de melhores condições de trabalho e remuneração (KUSSUDA, 2012; 2017). Essa constatação pode ser ainda reflexo de uma formação docente ainda distante da realidade de sala de aula, isso sem

falar a respeito das possibilidades profissionais que uma formação rigorosa em conteúdos de física e matérias correlatas pode abrir.

Nesse ponto pode ser interessante incluir nessa argumentação um pouco de minha experiência pessoal como egresso de um curso de licenciatura em Física. No período de graduação, ao contrário de grande parte dos colegas de turma, circunstâncias da vida acadêmica me levaram a me interessar pelo ensino de física e pelas questões educacionais em geral: a bolsa de amparo acadêmico, os trabalhos já desenvolvidos por outros colegas veteranos, o envolvimento com o grupo de pesquisa em ensino de física etc. E, apesar do fato de estarmos matriculados num curso destinado à formação de professores da disciplina¹, a realidade da pesquisa praticada pelos docentes e pelos estudantes de graduação (e pós-graduação) era especialmente atrelada à formação de pesquisadores das áreas da Física experimental ou aplicada.

Já nós, pesquisadores de outras áreas, em nosso contexto do Núcleo de Ensino de Física (NEF) – uma sala apertada com um computador e alguns livros didáticos ou de temáticas educacionais – nos dedicávamos, na nossa percepção, a problemas mais imediatos à realidade formativa da qual fazíamos parte: “por que a física é vista como uma disciplina muito difícil?”; “como ensinar determinados conteúdos da física?”; “como despertar o interesse numa sala de aula com 30-40 alunos?”; “que recursos podem ser úteis aos professores de física que participam de nosso grupo de apoio?”, entre outros.

Nesse contexto, da pesquisa que tentávamos desenvolver em nosso grupo, uma das primeiras referências que nos eram recomendadas para iniciar nossa caminhada na área de ensino de física, ou na pesquisa em ensino de física, eram os trabalhos desenvolvidos pela Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho e seus colaboradores do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Universidade de São Paulo (USP).

Ainda com a inexperiência peculiar do estudante de graduação, liamos seus livros e outras produções de seu grupo com o intuito de realizarmos as nossas próprias investigações e fomentar discussões pertinentes ao ensino de física. Como resultado desse período de atividades do grupo de pesquisa realizamos uma série de trabalhos sob a orientação da

1 Curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente.

Professora Ana Maria Osorio Araya², trabalhos que versavam, entre outros temas, acerca da inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea ao contexto da escola básica.

Minha trajetória como pesquisador da área de ensino de física prosseguiria no curso de mestrado, no qual nossa investigação acerca da fundamentação epistemológica de atividades experimentais apresentadas em materiais didáticos do currículo do estado de São Paulo nos permitiu observar que a perspectiva construtivista (no sentido mais amplo do termo) é geralmente utilizada (ao menos no que se refere à argumentação) como respaldo para a elaboração de novas propostas de ensino e que tal fundamentação não representava, necessariamente, uma novidade (FARIA, 2015).

Acerca disso, por exemplo, Nardi e Gatti (2004) apontam que essa perspectiva exerceu relevante influência, especialmente a partir dos anos 70, com grande destaque às pesquisas que abordavam as concepções espontâneas dos alunos acerca de inúmeros conceitos das áreas científicas. Nesse sentido, os autores apontam os trabalhos de Doran (1972), Viennot (1979), Watts e Zylbertajn (1981) e Driver (1985) como pioneiros nessa linha de pesquisa. Destacam ainda que as investigações que trataram da percepção dos estudantes quanto aos diversos conceitos científicos (“conceitos espontâneos”) trouxeram a tona que essas noções alternativas podiam interferir de forma significativa na aprendizagem posterior. Deste modo, as iniciativas empregadas na busca de aproximar as pesquisas realizadas à realidade de sala de aula motivaram as discussões sobre mudança conceitual que posteriormente reverberaria numa série de estudos preocupados com o ensino das disciplinas científicas em sala de aula.

Para além disso, tais pesquisas cooperaram com a crítica dos modelos de aprendizagem centrados na aquisição conceitual e transmissão de conteúdos por parte dos professores³ sem haver uma preocupação com as noções já trazidas pelos estudantes, o que

2 Citamos como exemplos os trabalhos “*Grupo de Professores de Física Moderna: Avaliação da Formação Continuada Segundo a Investigação de Necessidades Formativas*” (FARIA et al., 2008) e “*Grupo de professores de Física Moderna: A importância do ambiente de discussão na formação continuada de professores*” (FARIA et al., 2007), produzidos no âmbito do Núcleo de Ensino de Física (NEF).

3 Essa crítica não representava exatamente uma novidade tendo em vista a oposição à chamada Escola Tradicional levantada pelo movimento da Escola Nova iniciado no fim do século XIX, cujo qual veio a ganhar força na primeira metade do século XX influenciando uma nova percepção acerca do ensino e da aprendizagem nas escolas. No Brasil o movimento chegaria por intermédio de Rui Barbosa ainda no fim do século XIX e exerceria grande influência nas reformas educacionais promovidas nas décadas seguintes (PENTEADO, 1984). Outro fato relevante a impulsionar o movimento a partir da década de 1930, é a publicação do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, no qual intelectuais brasileiros como Fernando de Azevedo, Anísio Teixeira, Cecília Meireles, entre outros, defendiam a universalização da escola pública, laica e gratuita (MANIFESTO, 1932). O trabalho dos pioneiros continuou pelas décadas seguintes e, mesmo sob fortes ataques de defensores do ensino privado e religioso, os princípios expressos no Manifesto viriam a influenciar uma nova geração de educadores de destaque como Darcy Ribeiro e Florestan Fernandes (MORAES, 2016).

possibilitou o estabelecimento do chamado “paradigma construtivista” na investigação sobre o ensino e a aprendizagem das ciências (NARDI e GATTI, 2004).

Nesse sentido, ao iniciarmos as primeiras discussões acerca desta tese de doutorado, a temática da influência da perspectiva construtivista para o ensino de Física nos parecia ser um caminho interessante a trilhar e, nesse ponto, possibilitou o retorno a referenciais dos primeiros passos como pesquisador na área.

Um caminho que, em especial, nos pareceu muito interessante foi observar a interseção de dois universos da pesquisa científica que em nossa percepção preliminar haviam tido impacto relevante na pesquisa em ensino de Física praticada no contexto brasileiro. Neste ponto, me refiro aos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Universidade de São Paulo sob orientação da Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho e as pesquisas realizadas por Jean Piaget e colaboradores no Centro Internacional de Epistemologia Genética (CIEG). Acreditávamos, que um relevante número de trabalhos desenvolvidos no LaPEF, inseridos nesse contexto do “paradigma construtivista”, sofreram importante influência dos estudos psicogenéticos da escola de Genebra.

Acerca disso, intuímos especialmente que, além de uma influência geral da perspectiva piagetiana, expressa em obras clássicas produzidas por Jean Piaget e colaboradores, uma porção da obra do renomado autor, em particular, recebera especial atenção por parte do grupo da Prof.^a Anna Maria; me refiro às obras produzidas pela parceria entre Piaget e o físico argentino Rolando García.

O fato de termos na extensa bibliografia produzida por Piaget, parte dessa – tida como momento importante de conclusão da obra do autor⁴ – escrita em cooperação com um físico, já tinha nos parecido muitíssimo interessante.

Além disso, o fato de lermos em artigos da Prof.^a Anna Maria, a pesquisadora de referência em nossa área de pesquisa no Brasil, o recurso a essas obras produzidas pela colaboração Piaget-García, se mostraria como duplamente instigante.

A presente tese tem, portanto, como objetivo principal analisar a influência do pensamento (construção teórica) de Jean Piaget e Rolando García na pesquisa em ensino de Física no Brasil, tomando como referência um momento específico do desenvolvimento das pesquisas realizadas no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de

4 No próximo capítulo discutiremos mais a respeito disso.

Educação da Universidade de São Paulo, grupo de pesquisadores fundado e coordenado pela Prof.^a Anna Maria, um dos principais centros de investigação da área no país.

Nesse sentido, tencionamos analisar de que forma ocorreu essa aproximação com esse referencial teórico, buscando extrair dessa construção qual foi a leitura dos pesquisadores do LaPEF a respeito da colaboração Piaget-García, quão forte foi a influência das obras dos autores nas pesquisas realizadas, além de estabelecer quais elementos foram incorporados por eles à prática investigativa desenvolvida, com o fim de demonstrar a dimensão da influência desses pensadores nesse importante centro de investigação de nossa área do Ensino de Física no Brasil.

Para isso, buscamos, portanto, resgatar essa influência, primeiramente por meio de narrativa construída a partir de entrevista, gravada em vídeo, realizada com a personagem ícone desse contexto do trabalho científico no país, a Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho; aportando para essa construção elementos de outros registros audiovisuais⁵ e diversas publicações da docente (artigos, capítulos de livro etc.).

Um segundo esforço, extensão do primeiro, consistiu na análise qualitativa das pesquisas orientadas pela Prof.^a Anna Maria, nos primeiros 10 (dez) anos (de 1982 a 1991) de publicações de trabalhos acadêmicos (teses de doutorado e dissertações de mestrado) realizados no contexto do LaPEF. No período considerado, segundo registro do grupo de pesquisa, a docente orientou 9 (nove) pesquisas de mestrado e 2 (duas) de doutorado, além de publicar, ela mesma, no mesmo período, sua tese de livre docência (CARVALHO, 1986; 1989). Desses todos, trazemos para essa análise o trabalho da própria Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, bem como as pesquisas, por ela orientadas, de Abib (1983), Teixeira (1985), Laburú (1987), Valle Filho (1989), Silva (1989), Nardi (1990) e Gonçalves (1991), além de fazermos também comentários acerca de outras produções realizadas pelo grupo de pesquisa nesse e em outros períodos. Para esse contexto, portanto, buscamos extrair qual a extensão da leitura da construção teórica de Piaget e García e quais foram os elementos incorporados para o estabelecimento de perspectivas de ensino e de pesquisa e como isso foi relevante para as investigações empreendidas pelos autores.

Cabe salientar que, dadas as características de um estudo com essas particularidades, o alcance da influência investigada circunda um peculiar, porém importante momento da

5 Destacamos, em especial, registro de palestra realizada pela Prof.^a Anna Maria em evento realizado no memorial da América Latina em homenagem ao centenário nascimento de Piaget (CARVALHO, 1996); e de discurso da docente em cerimônia realizada em sua homenagem para outorga do título de Professora Emérita da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (CARVALHO, 2019).

pesquisa em ensino de Física no Brasil. Dessa forma, entendemos que, dada a relevância da pesquisadora e do grupo por ela orientado, nossa tese pode colocar em evidência de que maneira essa bibliografia impactou a produção científica brasileira realizada na área nesse período importante de seu desenvolvimento.

Nesse sentido, para esta tese, no capítulo 2 (dois), trazemos ainda nossa leitura a respeito da construção teórica elaborada pela colaboração entre Jean Piaget e Rolando García, acerca do desenvolvimento do conhecimento no sujeito e na história da Ciência, com especial destaque à obra “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*” (1982) na qual entendemos haver relevante discussão acerca dos mecanismos de estruturação do conhecimento e de representar, com maestria, a síntese do trabalho desenvolvido por esses autores.

Para enriquecer essa narrativa acerca do trabalho realizado pelos autores, e que resultaria na publicação da obra citada acima, trazemos no APÊNDICE II a transcrição traduzida de conferência ministrada por Rolando García por ocasião do 4º curso de estudos avançados, organizado no ano de 1982 pelos *Archives Jean Piaget* na Universidade de Genebra, em colaboração com o *Centro Internacional de Epistemologia Genética* (CIEG), cuja temática seria “*História do pensamento científico e psicogênese*”, registro inédito no Brasil.

O Acesso a esse e a outros materiais foi possível graças a nosso período de pesquisa junto aos *Archives Jean Piaget* na Universidade de Genebra, no primeiro semestre do ano de 2020, e do contato com os pesquisadores associados a esse importante centro da Psicologia e Epistemologia Genéticas. Aproveitamos a ocasião para novamente agradecermos à cordialidade e receptividade da equipe dos *Archives*, com destaque à mediação da Dr.^a Silvia Parrat-Dayan e da colaboração do Dr. Ramiro Tau e do Dr. Marc Ratcliff.

Conforme recomendação da banca de qualificação, acrescentamos no capítulo 3 (três) um breve panorama histórico acerca da educação científica no país cujo ponto final situamos na formação Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF). Nele descrevemos os diversos elementos que, de uma forma ou de outra, reverberaram na produção acadêmica no país e contribuíram para o estabelecimento de uma área de pesquisa em ensino de Física no Brasil. Nesse processo, damos especial destaque ao quadro elaborado por Krasilchik (1987) e aperfeiçoado por Nardi e Cortella (2016), ao qual trazemos também nossa contribuição.

Por fim, no item 4, apresentamos os encaminhamentos metodológicos, bem como a análise qualitativa dos materiais obtidos para a pesquisa, com destaque à entrevista realizada

com a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, na qual ela narra acerca dos primeiros anos do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física e das leituras e referências que influenciaram os trabalhos orientados por ela na pós-graduação da USP, e que entendemos que nos serviu de guia para a ampliação da discussão acerca da influência exercida pelas obras de Piaget e García.

Nesse mesmo capítulo, conforme apontado anteriormente, fazemos a análise qualitativa das teses e dissertações realizadas pelo grupo de pesquisa no período selecionado. Para registro, trazemos ainda, no ANEXO I, uma relação com as teses e dissertações produzidas no âmbito do LaPEF em suas quase quatro décadas de produção acadêmica.

No quinto capítulo, trazemos nossas conclusões a respeito da análise realizada, no qual indicamos quatro núcleos característicos de influências da construção teórica de Piaget e García nas pesquisas em ensino de Física realizadas pelo LaPEF no período selecionado, o que nos permitem afirmar a relevância da obra dos autores para o estabelecimento desse importante centro de pesquisa brasileiro.

No capítulo seguinte, último de nossa tese, apontamos elementos emergentes das análises e das leituras empreendidas na elaboração do trabalho, que nos permitiram refletir, também nós, a respeito da relevância para o ensino de Física da perspectiva de Piaget e García acerca construção do conhecimento; reflexões que consideramos importantes, tendo em vista o aprimoramento da nossa prática educativa e da investigação em ensino de Física realizada hoje no Brasil.

2. PIAGET E GARCÍA

2.1. Jean Piaget e sua teoria do desenvolvimento

Jean William Fritz Piaget, por muitos considerado um dos mais relevantes pensadores do século XX especialmente no que diz respeito à influência de seu trabalho nas áreas da Psicologia e da Epistemologia, com importantes repercussões na Pedagogia. Nascido em Neuchâtel (Suíça) em 9 de agosto de 1896, Piaget construiu uma sólida bibliografia composta por livros e artigos científicos que versam sobre uma série de questões ligadas à preocupação central em compreender como o conhecimento é construído e, embora não especificamente destinada a educadores, sua teoria encontrou nesse público grande repercussão.

Ao longo de sua trajetória de pesquisa (até a sua morte em Genebra no ano de 1980) buscou fundamentar a discussão e a investigação a respeito da gênese e do desenvolvimento do conhecimento (na história da ciência e no sujeito), tendo construído nessa caminhada uma epistemologia original que, como colocado, apresentaria profundas implicações em iniciativas educacionais elaboradas nas décadas seguintes.

Consagrado como um “interacionista”, pois compreendia o desenvolvimento cognitivo do ser humano como um processo resultante de interações entre o sujeito (organismo) e o meio que o cerca (objeto), Piaget, dessa forma, entendia que o desenvolvimento no sujeito não ocorreria apenas em virtude de uma hereditariedade ou de predisposições inatas à realização de determinadas sequências de ações, bem como se opunha a ideia de que este se daria exclusivamente devido às pressões do ambiente físico e social. A respeito disso, inclusive, Piaget é lembrado como o primeiro pesquisador, no campo das ciências humanas, a fazer uso do termo “construtivismo” ao assinalar a postura ativa do indivíduo na construção do seu ambiente (GLASERSFELD, 1995).

Para Piaget, a inteligência (entendida como coordenação de meios e fins) possibilita a aquisição do conhecimento e se reestrutura continuamente nas interações com o mundo. Nesse sentido, para ele, o pensamento tem sua origem na ação e, para que se conheça a gênese das operações cognitivas, torna-se indispensável entender o processo.

Dessa forma, a busca pelo estabelecimento de uma conexão lógica entre Biologia e Psicologia ocupa destaque na narrativa de Piaget, especialmente levando em conta que, por meio da procura de atributos regulares do raciocínio de crianças (que correspondessem a uma hierarquia biológica), toda uma forma de fazer pesquisa foi elaborada.

Piaget estruturou uma metodologia que consistia numa abordagem qualitativa que incorporava um grupo de estratégias de pesquisa que envolviam de forma simultânea três frentes de investigação: a observação da conduta espontânea das crianças, a observação do comportamento delas frente a uma experiência e, por fim, situações que solicitam a explicação da experiência (ou experimento). Tal abordagem (geralmente chamada de “método clínico de Piaget”) parte do pressuposto de que o caminho para o entendimento do raciocínio infantil é fornecido pelas respostas da própria criança e suas explicações (interpretações, comentários e questionamentos); em outras palavras, para Piaget, a criança (e não as questões elaboradas pelo pesquisador) era a fonte principal de informação para o estudo de seu desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 1926).

Em síntese, a teoria elaborada por Piaget a partir de suas pesquisas versa acerca do desenvolvimento do conhecimento humano; este por sua vez, é dotado de uma estrutura mental que se desenvolve (o conhecimento é uma construção); além disso é característico na compreensão de Piaget o entendimento de que existem níveis para o conhecimento; e, havendo elementos sociais/físicos que ofereçam condições, tem-se uma construção progressiva de explicações melhores que as anteriores.

Nesse sentido, com certa frequência, um dos poucos aspectos abordados de sua epistemologia se referem aos períodos característicos do desenvolvimento cognitivo na criança, resumidos por Piaget em “*La psychologie de l’intelligence*” (1947):

Para entender o mecanismo desse desenvolvimento, [...] distinguiremos (simplificando e esquematizando as coisas) quatro períodos principais em seguida ao que é caracterizado pela constituição da inteligência sensório-motora. A partir do aparecimento da linguagem, ou mais precisamente da função simbólica que torna possível sua aquisição (1 a 2 anos), se inicia um período que se estende até perto de 4 anos no qual se vê desenvolver um pensamento simbólico e pré-conceitual. De 4 a 7 ou 8 anos em média, se constitui, em continuidade íntima com o precedente, um pensamento intuitivo, no qual as articulações progressivas conduzem ao caminho da operação. De 7-8 a 11-12 anos se organizam as “operações concretas”, isto é, os agrupamentos operatórios do pensamento recaindo sobre objetos manipuláveis ou suscetíveis de serem intuídos. Desde os 11-12 anos e durante a adolescência se elabora enfim o pensamento formal, cujos grupamentos caracterizam a inteligência reflexiva acabada.

Para além dessa percepção acerca dos níveis de desenvolvimento cognitivo, outros elementos importantes da narrativa de Piaget ajudam a compreender a maneira como ele interpreta o processo de construção do conhecimento no sujeito, como os mecanismos de assimilação e acomodação. Tais mecanismos, de acordo com sua teoria, operam em sintonia de forma que o meio é sempre compreendido à luz de estruturas cognitivas existentes

(mecanismo da assimilação); por outro lado, tais estruturas vão sendo transformadas pelas estruturas do meio (mecanismo da acomodação). Em outras palavras, quando uma criança ou qualquer sujeito é submetido a uma experiência que não se encaixa em seus esquemas e teorias, primeiramente ela tenta *assimilar* tal experiência em suas estruturas já existentes; caso o indivíduo perceba que suas previsões e explicações acerca deste fenômeno sejam seguidamente contestadas, os esquemas tendem a se modificar de forma a ser *acomodado* este novo conhecimento.

Sendo assim, a assimilação evidencia que, no processo de interação entre sujeito e objeto, a ação é realizada pelo organismo (corpo e mente), que elabora esquemas de assimilação mentais na sua leitura da realidade. Qualquer interpretação do mundo real depende de um esquema de assimilação e, nesse processo, quando o organismo assimila, integra a experiência a seus esquemas de ação. Ao não conseguir assimilar determinada experiência, em virtude de uma inadequação desta a seus esquemas, o organismo pode desistir ou se modificar, num processo chamado por Piaget de “acomodação”. É por meio das acomodações, que levam à elaboração de novos esquemas de assimilação, que ocorre o desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 1976).

Não existe, portanto, acomodação sem assimilação haja vista a primeira ser a reestruturação da seguinte; o equilíbrio entre elas consiste na adaptação à situação. As experiências acomodadas na estrutura cognitiva do sujeito originam em seguida outros esquemas de assimilação, produzindo então um novo estado de equilíbrio. Por outro lado, experiências novas, ainda não assimiláveis, conduzem a novas acomodações e, conseqüentemente, a novos equilíbrios na estrutura cognitiva. No desenvolvimento, o processo de “equilíbrio” leva às operações formais e, mesmo na idade adulta, em determinados campos de vivência do sujeito, tal mecanismo persiste.

2.2. O trabalho interdisciplinar no Centro Internacional de Epistemologia Genética

Na construção de sua epistemologia, muitos pesquisadores colaboraram com Piaget desenvolvendo suas pesquisas partindo de sua teoria em direção à análise de temas mais específicos.

Com Bärbel Inhelder¹ e Alina Szeminska², por exemplo, Piaget tratou da concepção infantil de relações espaciais e do desenvolvimento dos conceitos geométricos na criança por meio de estudo das reações espontâneas associadas a medidas de deslocamento, construção métrica de ângulos e curvas, concepções de geometria sólida (superfícies e volumes), e, de forma mais abrangente, o entendimento do sistema métrico (PIAGET et. al, 1948). Com Inhelder, em especial, Piaget publicou inúmeros outros estudos envolvendo temas como a psicologia da criança (PIAGET e INHELDER, 1967) e a construção das noções de conservação de substância, peso e volume (PIAGET e INHELDER, 1941), entre outros.

1 Bärbel Inhelder é por vezes lembrada como principal colaboradora de Piaget, tendo dividido com ele a autoria de inúmeras obras que discutem temas importantes acerca do problema da construção do conhecimento e colaborando, para tanto, no desenvolvimento do pensamento comumente chamado de piagetiano. Nascida na cidade de St. Gallen, na Suíça, ainda na sua formação básica demonstrava interesse por temas pertinentes à educação e à psicologia e, em especial, por escritos de Sigmund Freud acerca dos adolescentes. Sua formação em psicologia e filosofia passaria pelo Instituto Jean Jacques Rousseau de Ciências da Educação da Universidade de Genebra, onde em 1935, obteria o diploma em psicologia infantil e em 1943 o título de doutora em filosofia (INHELDER, 1989). O trabalho de Inhelder é especialmente reconhecido pela descoberta do estágio das operações formais no desenvolvimento cognitivo infantil e entre suas obras de destaque estão as citadas no corpo do texto – *“Le développement des quantités chez l’enfant”* (1941), *La Géométrie Spontanée de l’enfant”* (1948) e *“La Représentation de l’espace chez l’enfant”* (1967) – além de outras como *“Le diagnostic du raisonnement chez les débiles mentaux”* (1943) e *“La Psychologie De l’Enfant”* (1966). Na Universidade de Genebra, em 1971, Inhelder sucedeu Piaget na cadeira de psicologia genética e experimental e, junto com Olivier Reverdin, outro professor da Universidade, fundou em 1974, os *Archives Jean Piaget*, fundação responsável pela preservação de documentos e materiais relacionados ao trabalho desenvolvido por Piaget e demais membros da Escola de Genebra, bem como pela promoção de temáticas piagetianas numa perspectiva interdisciplinar (ARCHIVES, 2018).

2 Alina Szeminska, nascida em Varsóvia em 12 de setembro de 1907, foi uma psicóloga e professora Polonesa que realizou pesquisas com Piaget acerca do tema das quantidades e da capacidade infantil em construir representações mentais, independentemente dos objetos, de sua diversidade e também de sua propriedade perceptiva. Tendo passado a infância entre a Suécia e a Polônia, continuaria seus estudos secundários em Varsóvia, de onde saiu em 1926 para estudar psicologia infantil em Berlim com Wolfgang Köhler, Lewin e Wertheimer. Lá, é aconselhada por Köhler à ir à Universidade de Genebra estudar com Jean Piaget, caminho que ela tomaria em 1928, obtendo seu doutorado em filosofia, com menção em pedagogia, no ano de 1932. Em Genebra desenvolveu suas pesquisas como assistente de Piaget no Instituto Jean-Jacques Rousseau entre 1932 e 1939, colaborado também com Bärbel Inhelder e publicando as obras *“Essai d’analyse psychologique du raisonnement mathématique”* (1935), *“La Genèse du nombre chez l’enfant”* (1941) e *“La Géométrie Spontanée de l’enfant”* (1948). De volta à Polônia em 31 de agosto de 1939, véspera da invasão nazista ao país, Szeminska trabalharia para a Cruz Vermelha chefiando um escritório voltado à busca de pessoas desaparecidas; se juntou ainda à resistência polonesa, sendo presa em 1942 e levada para Auschwitz em 1943, de onde só sairia em 1945 após a libertação pelo exército Soviético. Após a guerra, fundou em Varsóvia uma clínica para órfãos, onde aplicava os princípios do aconselhamento psicológico para apoiar o processo de adoção de crianças e continuou sua carreira e suas pesquisas nas áreas de psicologia e ensino de matemática no Instituto Pedagógico da Universidade de Varsóvia, onde foi nomeada professora em 1956. Em 1967 consegue autorização para retornar à Suíça, passando um ano realizando pesquisas no CIEG. Seria ainda homenageada pela Universidade de Genebra em 1979, com o título de doutora honorária, em uma lista de notáveis intelectuais que incluiria ainda o educador brasileiro Paulo Freire (JOURNAL DE GENÈVE, 1979).

Anos mais tarde, Emilia Ferreiro³, buscou investigar os mecanismos de aquisição da linguagem escrita pelas crianças, concluindo que esta não representava uma simples cópia de modelos recebidos externamente, mas sim que envolvia um processo de construção por parte do sujeito. Dessa forma, a escrita é interpretada como objeto do conhecimento, como objeto cultural e, nesse sentido, o sujeito, que procura adquirir conhecimento, elabora hipóteses continuamente acerca de suas normas e sua estruturação (FERREIRO E TEBEROSKY, 1986).

Em outra frente de pesquisa, Constance Kamii⁴ investigou os processos envolvidos na construção do conceito de número, bem como os mecanismos de aquisição da álgebra pela criança. Em seu trabalho, ela defendeu que, ao contrário do que algumas interpretações indicavam, o desenvolvimento e o exercício dos aspectos lógicos do número como atividades pré-numéricas (seriação, classificação e correspondência termo a termo) seria uma aplicação desacertada da teoria de Piaget. Ela, entretanto, compreendia as noções numéricas como desenvolvimentos ocorridos a partir dos intercâmbios das crianças com o meio e, dessa forma, não dependeriam da anuência dos adultos para acontecer (KAMII, 1984).

Sobre todo esse acervo de colaborações e eixos de interesse investigativo, Bärbel Inhelder, no prefácio de um dos últimos livros escritos por Piaget – *“Psychogenèse et l’histoire des Sciences”* (1983), em francês, *“Psicogênese e Historia de la Ciencia”* (1982), em espanhol – faz interessante panorama da obra piagetiana, classificando-o como a terceira e sua mais importante síntese epistemológica.

3 Emilia Beatriz Maria Ferreiro Schavi, pesquisadora argentina, psicóloga graduada na Universidade de Buenos Aires e Doutora pela Universidade de Genebra sob a orientação de Jean Piaget, do qual se tornou colaboradora. Após o golpe de Estado na Argentina passa a viver em exílio na Suíça, levando os dados das pesquisas sobre a psicogênese da língua escrita que realizara com seu grupo e passando a lecionar na Universidade de Genebra. Nessa mesma época, iniciou uma pesquisa, com a colaboração de Margarida Gómez Palácio, acerca das dificuldades de aprendizagem das crianças de Monterrey, no México. Em 1979 mudou-se para o México acompanhada do marido, o físico e epistemólogo Rolando García. Neste mesmo ano, publica o livro, *“Los Sistemas de Escritura em el Desarrollo del Niño”* (1979), em parceria com Ana Teberosky. Nos próximos anos publicaria ainda outras obras como *“Nuevas Perspectivas Sobre los Procesos de Lectura y Escritura”* (1982) (em parceria com Margarida Gómez Palácio), *“La Alfabetización em Processo”* (1985), *“Psicogênese da Língua Escrita”* (1986) e *“Los Hijos del Analfabetismo (Propuestas para la Alfabetización Escolar em América Latina)”* (1989) que reuniam experiências, na área de alfabetização, realizadas na Argentina, no Brasil, no México e na Venezuela.

4 Constance Kasuko Kamii, pesquisadora nascida em Genebra, filha de pai japonês e mãe estadunidense, viveu no Japão até os 18 anos, mudando-se para os Estados Unidos, onde em 1955 se graduou em Sociologia. Mestra em educação e Doutora em educação e psicologia, pela Universidade de Michigan, Kamii foi aluna e colaboradora de Jean Piaget, tendo realizado inúmeros cursos de Pós-Doutoramento associados à epistemologia genética. Atualmente é professora da Universidade do Alabama. Publicou diversos livros, dentre os quais destacamos: *“A Criança e o Número”* (1983), *“Reinventando a Aritmética: Implicações da Teoria de Piaget”* (1986) e *“Jogos em Grupo na Educação Infantil”* (1991).

Antes deste, a autora elenca como primeira síntese a obra “*Introdução à epistemologia genética*” (1950), na qual Piaget interpretava suas investigações psicogenéticas sobre as categorias do pensamento (espaço, tempo, número etc.), numa perspectiva epistemológica clássica, reafirmando a necessidade do estudo dos processos de transformação do conhecimento na ontogênese e na história, demonstrando, portanto, a insuficiência do realismo empirista bem como do idealismo apriorista. Nesse sentido, não seriam tão somente os estados iniciais e finais que revelariam a essência da construção do conhecimento, mas sim o próprio processo de suas transformações (INHELDER, 2011).

Outro aspecto relevante no pensamento de Piaget era o entendimento de que toda epistemologia que pretendesse se apresentar como científica deveria resultar de um esforço de colaboração interdisciplinar. Como expressão tácita de tal perspectiva plural e multidisciplinar, a segunda síntese apontada por Inhelder foi a publicação conjunta de Jean Piaget com um antigo crítico – o lógico e matemático Evert W. Beth⁵ – “*Relações entre a lógica formal e o pensamento real*” (1961), na qual os autores concluem que as normas inerentes ao pensamento científico seriam análogas às normas estruturadas pelo sujeito epistêmico no seu desenvolvimento (INHELDER, 2011).

Nesse contexto, em meados da década de 60, Piaget coordenava um conjunto de pesquisas que procuravam ainda compreender a psicogênese do mundo físico e, nesse intento, uma série de pensadores com formação específica na área de Física, porém também com interesses epistemológicos, eram convidados para os seminários permanentes, bem como para os simpósios de epistemologia genética.

No acervo dos *Archives Jean Piaget* encontramos, por exemplo, anotações referentes ao XI simpósio, realizado em junho de 1966, que contou com a participação do físico e epistemólogo americano Thomas Kuhn discutindo as principais características da causalidade na física (ARCHIVES, 1966). No evento ainda seriam debatidos outros aspectos da

5 Evert Willem Beth, natural de Almeno (leste da Holanda), foi um lógico e filósofo cujo trabalho dizia respeito principalmente aos fundamentos da matemática, tendo seu nome frequentemente lembrado como criador do método dos Tableaux (método de prova por refutação). Filho de H. J. E. Beth, professor de matemática e física, Evert trilhou caminho formativo semelhante ao pai, agregando à sua formação na Universidade de Utrecht, além das mesmas disciplinas de seu pai, o estudo da filosofia e da psicologia. Obteve ainda, em 1935, seu doutorado em filosofia pela Faculdade de Artes da Universidade de Amsterdã na qual, no ano de 1946, se tornaria o primeiro professor de Lógica e Fundamentos da Matemática de seu país; trabalhou também como pesquisador associado na Universidade da Califórnia em Berkeley e como professor visitante na Universidade Johns Hopkins em Baltimore. Além da obra citada no texto, publicou com Piaget, Dieudonné e outros autores, no ano de 1955 o livro “*L’enseignement des mathématiques*” e participando nesse mesmo período da organização da CIEAEM (*Commission Internationale pour l’étude et l’Amélioration de l’Enseignement des Mathématiques*) responsável pela organização de muitos eventos internacionais voltados à discussão de problemas associado ao ensino de matemática (HEYTING, 1966).

psicogênese das noções físicas de transmissão de calor e de movimento em crianças e adolescentes.

Em suma, a busca por uma pessoa com tais atributos, e ainda disposta a colaborar nas pesquisas realizadas no Centro Internacional de Epistemologia Genética (CIEG), não seria tarefa fácil para Piaget e sua equipe (FERREIRO, 2019), entretanto a personagem que se encaixaria no perfil almejado traria importantes contribuições para os últimos escritos de Piaget e teria relevante papel na conclusão da terceira fase apontada por Bärbel Inhelder.

2.3. Rolando García e o trabalho com Piaget

Nascido na cidade argentina de Azul, em 20 de Fevereiro de 1919, Rolando Víctor García Boutigue, aclamado decano da Universidade de Buenos Aires, lembrado especialmente por sua posição de chefia na referida universidade num período difícil de sua história (1957-1966)⁶; reconhecido como um homem “exigente e apaixonado” que buscou construir uma universidade que tivesse “consciência crítica e política da sociedade” (ALIAGA, 2012).

Físico e Matemático de formação pela Universidade de Buenos Aires (1944), Doutor em Física (1953) com especialização em Hidrodinâmica e Termodinâmica da atmosfera pela Universidade da Califórnia (UCLA), foi um dos primeiros pesquisadores a se dedicar aos impactos da mudança climática global, sua influência nos ecossistemas e biomas, bem como seus efeitos nos sistemas de produção de alimentos (GARCÍA, 2008).

Seu interesse pela epistemologia teria surgido a partir de suas leituras de autores como Bertrand Russell ainda na Argentina (GARCÍA, 2002) e paralelamente aos estudos de mestrado e doutorado, estudou ainda epistemologia e história da ciência na Universidade de Chicago, com o professor Rudolf Carnap⁷ e posteriormente com o professor Hans Reichenbach⁸ na UCLA.

6 Após o golpe de estado na Argentina, ocorrido em junho de 1966, autoridades ligadas à Universidade de Buenos Aires (UBA) emitiram declaração de repúdio na qual fizeram também um chamado à defesa da Autonomia Universitária, comprometendo-se a manterem vivo o espírito que torna possível o restabelecimento da Democracia. Um mês depois, em 29 de julho de 1966, o governo de fato promulgou uma lei (nº 16.912) estabelecendo intervenção nas universidades. No caso da intervenção realizada na Faculdade de Ciências Exatas (UBA), Rolando García, o decano da época, estava com o vice-diretor, Manuel Sadosky, quando a polícia entrou e começou a agredir todos os que resistiam à intervenção, dentre estes o ilustre decano. Nesse episódio, que ficou conhecido como “La Noche de los Bastones Largos”, um total de 400 pessoas foram presas e laboratórios e bibliotecas da Universidade foram destruídos. Após isso, cerca de setenta por cento dos professores e pesquisadores de Exatas se demitiram e muitos, assim como Rolando García e Emilia Ferreiro, buscaram se refugiar em outros países (ALIAGA, 2012).

7 Filósofo alemão, fundador do Círculo de Viena.

8 Filósofo alemão, fundador do Círculo de Berlim.

Forçados ao exílio em virtude da perseguição política e do fechamento do regime ditatorial em seu país, Rolando García e sua companheira Emilia Ferreiro, partem para Suíça onde Emilia faria seu Doutorado na Universidade de Genebra, sob orientação de Jean Piaget, enquanto Rolando realizaria pesquisas associadas ao clima junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM), órgão vinculado à ONU, onde dirigiria o programa GARP (Global Atmospheric Research Programme), primeiro monitor atmosférico global utilizando satélites meteorológicos.

Nesse contexto, Rolando é apresentado a Piaget, como descreve Emilia Ferreiro:

[...] Bärbel Inhelder conheceu Rolando em um evento social e imediatamente anunciou a Piaget: “Encontrei o físico que procurávamos”. De fato, aconteceu. Rolando ingressou no Centro Internacional de Epistemologia Genética sem sequer suspeitar das mudanças epistemológicas que ele próprio teria que assumir. Convencido por Jean Piaget, ele abandona o empirismo lógico em que fora treinado para adotar o “construtivismo genético” que, entre outras coisas, permite uma integração não trivial de dados e construções teóricas de várias disciplinas (FERREIRO, 2019).⁹

Segundo ela ainda, seu contato com Jean Piaget – considerado por eles como um dos pensadores geniais do século XX – seria decisivo (FERREIRO, 2019), e daria início ao que o próprio Rolando García descrevera como uma “revolução mental” em sua forma de interpretar o conhecimento científico (GARCÍA, 2002).

Exemplo da importância atribuída por Rolando García ao contato que tivera com Piaget, e de como fora pesquisar, refletir e escrever com ele, encontramos nos registros do 4º curso de estudos avançados, organizado pelos *Archives Jean Piaget* na Universidade de Genebra, em colaboração com o *Centro Internacional de Epistemologia Genética* (CIEG), cuja temática seria “*História do pensamento científico e psicogênese*”¹⁰. Organizado no ano de 1982 (pouco tempo depois da morte de Piaget), o curso contou como seu principal orador o Dr. García que, entre muitos aspectos pertinentes ao tema, dissertou acerca do trabalho que resultaria na publicação de “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*” (PIAGET e GARCÍA, 1982):

Quando eu comecei este trabalho, quando fomos juntos para a montanha uma vez para começarmos esse livro, eu estava avisado de que seria muito difícil trabalhar com Piaget por dois motivos: primeiro, ele não era muito flexível, não gostava muito de ser contestado em suas ideias; segundo, quando ele escrevia uma página, ele nunca voltava atrás e retirava aquilo. Ele podia adicionar algumas palavras, após longas discussões, mas nada além disso.

Como a maior parte dessa noção sobre grandes pessoas, eu encontrei isso para ser impelido. Eu nunca tive discussões tão animadas com alguém, discussões em que eu

9 Tradução nossa.

10 A transcrição completa do áudio do curso, obtido nos *Archives Jean Piaget*, consta no APÊNDICE II.

aprendi tanto. A flexibilidade da mente que eu encontrei em Piaget foi tão fantástica; e eu tinha os exemplos históricos em minhas mãos, em páginas que ele escreveu e, após longas discussões, ele decidia substituir por outras páginas.

Eu sou muito grato por aqueles dias; para mim, foram os dias mais interessantes da minha vida intelectual. Isso me deu muito mais “insights” nas ideias de Piaget do que lendo muitos dos seus livros. Piaget era muito mais claro em discussões do que escrevendo. Particularmente, no final da sua vida, ele era bastante enigmático na escrita. Ele parecia estar um pouco apressado para escrever muitas coisas apenas porque ele provavelmente pensava que não seria capaz de escrever, em vida, tantas ideias que ele tinha na cabeça. Além disso, ele tomava como certo, quando escrevia, que as pessoas já teriam lido todas as 25 mil páginas que ele havia publicado na sua vida, embora costumava dizer que nunca tinha lido Piaget, e, de fato, tinha esquecido muitas outras coisas que havia dito em livros anteriores. (GARCÍA, 1982b).

Na ocasião, García argumenta inclusive acerca do que, na sua perspectiva, representava o pensamento de Piaget para a epistemologia:

Eu tenho insistido muitas vezes - peço desculpas se muitos de vocês já ouviram isso - eu considero um ponto muito essencial: o que Piaget fez em Epistemologia é pra mim muito claramente paralelo ao que Newton fez na Mecânica (eu pego Newton como “O” exemplo do século XVII de revolução na história da ciência).

O problema real nas mudanças em ciência no século XVII não era um problema de metodologia, como eu vou insistir, mas o problema no tipo de questões que as pessoas fazem sobre a natureza. No tempo dos gregos, e mesmo na idade média, o problema da queda dos corpos foi abordado do ponto de vista de certas questões básicas: “O que havia na natureza do objeto que o fazia cair no chão?” Essa era a questão básica a ser feita.

A grande mudança no século XVII foi que as pessoas não se perguntavam mais sobre a natureza do objeto, não perguntavam sobre a natureza do movimento, eles perguntavam: “Como podemos ir de um estado de movimento para outro estado de movimento?”. São as leis, por assim dizer, que definem um sistema que, em certo estado de movimento, continuará e passará por certas trajetórias com certas posições e certa aceleração, e assim por diante, e quais são as forças responsáveis por este movimento. Essa mudança do quadro epistêmico forneceu a base da revolução científica na mecânica.

Eu acho que Piaget fez exatamente a mesma coisa na Epistemologia. Em vez de perguntar “qual é a natureza do conhecimento?”, ele questionou: “Como esse processo de conhecimento evolui?”, “Como você passa de um estágio do conhecimento para o próximo?”.

E ele não começou com nenhuma definição de “conhecimento”, nem científica ou não científica, nem do cientista, nem nas crianças, ele começará com “conhecimento” como um conceito social. Existe um fenômeno social chamado “conhecimento” e há uma fonte de avaliação social de que certos estados de conhecimento são mais avançados do que outros estados de conhecimento. Sem perguntar a natureza dessas coisas, ele toma isso como um fato e tenta explicar essa evolução (GARCÍA, 1982b).

Ao se deparar, por influência de Piaget, com a riqueza e a relevância dos fatos da psicogênese das representações do universo infantil, o físico argentino é compelido a observar de outra maneira a evolução do pensamento científico desde a Grécia Antiga até a revolução promovida pelas ideias de Newton.

Bärbel Inhelder enaltece a colaboração entre os dois epistemólogos (“um biólogo/psicólogo, o outro físico”) e o trabalho resultante dessa parceria única no seu gênero como o ápice da trajetória dos autores, e destaca o quanto as ideias de ambos se enriqueceram e se modificaram no decorrer de suas discussões. Acrescenta ainda que, cada qual, na sua seara de trabalho, buscou desvendar os processos intrínsecos à construção do conhecimento, sujeitando a história das ciências e a psicogênese à “verificação da hipótese de uma epistemologia construtivista”, culminando conjuntamente na perspectiva de que as “normas elaboradas pelo sujeito epistêmico no decorrer de sua gênese seriam comparáveis às normas inerentes ao pensamento científico” (PIAGET E GARCÍA, 2011, p. 11).

O contexto no qual a dupla elabora sua teoria epistemológica é marcado pela crítica ao positivismo como modelo de desenvolvimento das ciências e pela consolidação da epistemologia como teoria do conhecimento científico (GARCÍA, 2002). Com Piaget, García analisaria ainda o contexto social relacionado à construção dos conhecimentos, compreendendo a ciência, de forma geral, como uma “instituição social”, conformada por uma certa cultura, que ocorre em um determinado período e lugar (GARCÍA, 2002).

Desse trabalho conjunto resultaria a publicação das obras “*Les explications causales*” (1971), “*Vers une logique des significations*” (1987) e “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*” (1982), esta última, obra de maior destaque da parceria Piaget-García; escrita pelos autores entre os anos de 1974 e 1980 – período final da vida de Jean Piaget – publicada simultaneamente em espanhol e francês e, além disso, traduzida para outros cinco idiomas¹¹.

Rolando García, até sua morte em 2012, publicaria outros trabalhos importantes com destaque às obras relacionadas, entre outros temas, à construção do conhecimento e a teoria de Sistemas complexos, das quais destacamos: “*El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la Teoría de los Sistemas Complejos*” (2000) e “*Sistemas complejos*” (2006).

2.4. A construção do conhecimento em Piaget e García

Do trabalho realizado em colaboração na Universidade de Genebra nos anos 70, García (2002) destaca importante mudança de orientação nas investigações empreendidas no

11 A versão em espanhol é publicada em 1982 pela editora mexicana Siglo XXI e a versão em francês pela editora francesa Flammarion, no ano de 1983. Além dessas, a obra seria traduzida ainda para outras cinco línguas: italiano (1985), português (1987), inglês (1989), japonês (1996) e chinês (2005).

CIEG, de uma perspectiva primeiramente voltada para o estudo das estruturas lógicas (tema central desde o início dos trabalhos do grupo) para uma preocupação mais direcionada aos problemas da causalidade. Essa mudança seria destacada pelo próprio Piaget (1973), ao comentar que “[...] o desenvolvimento da causalidade [...] apresenta problemas mais difíceis que o estudo das operações do sujeito” (PIAGET e GARCÍA, 1973, p. 7).

Bärbel Inhelder também escreveria sobre esse momento ao descrever o que considerava a terceira etapa característica das pesquisas desenvolvidas por Piaget, salientando que o trabalho envolveria ainda o estudo de dois problemas importantes, mas ainda inconclusos:

É com um novo entusiasmo que Piaget aborda em seguida a terceira etapa de suas pesquisas, mediante o estudo de dois grandes problemas deixados em suspenso: o pensamento físico e a reformulação completa de uma teoria dos mecanismos de desenvolvimento.

O estudo das Teorias da causalidade reuniu teóricos, tais como o saudoso Rosefeld, Bunge, Kuhn, Halbwegs e, mais tarde García, estimulando os psicólogos a empreenderem um conjunto de pesquisas que conduziram, especificamente ao trabalho de Piaget e García: *As explicações Causais* (INHELDER, 2011).

Na obra apontada no trecho acima, Piaget e García (1971) discutem resultados preliminares de pesquisas realizadas no contexto do CIEG, versando a respeito da construção das relações entre a causalidade e as operações, no estudo das explicações de sujeitos em diferentes situações envolvendo fenômenos físicos (calor, luz, movimento etc.) e relações lógico-matemáticas (simetrias, proporcionalidades, operações geométricas etc.).

De forma geral, essa investigação acerca da causalidade, segundo García (2002), apresentara de início duas questões:

[...] em primeiro lugar, mostrou a necessidade de estender o alcance da teoria do desenvolvimento cognitivo. De fato, a teoria apresentada em “lógica e equilíbrio”, independentemente da aceitação de seus esquemas explicativos estava limitada ao desenvolvimento das estruturas lógicas a partir dos níveis de inteligência sensório-motora, chegando à constituição dos níveis operatórios que culminam nas operações formais as quais constituirão a lógica natural do adulto. No entanto, essa limitação não é válida para a causalidade, cuja problemática continua sem solução de continuidade até os mais altos níveis do pensamento científico.

A segunda questão é muito mais profunda porque significava considerar o papel que desempenham os conteúdos e as relações causais no desenvolvimento das estruturas. Sua proposição obrigou a uma reformulação do problema da equilíbrio. A resposta de Piaget se constitui no que se chama de a segunda versão da teoria da equilíbrio (GARCÍA, 2002, p. 94-95).

Essa necessidade de se pôr em evidência “*os conteúdos e as relações causais*”, desde os primeiros níveis é resumida pelo autor em quatro pontos principais:

- Desde as atividades iniciais de uma criança, toda ação é causal, não apenas pelos mecanismos psicofisiológicos que as geram mas também por seus resultados. Seu próprio organismo está submetido a interações físicas.
- A causalidade está envolvida na formação dos esquemas de ação e em suas coordenações (ordenar, formar conjuntos), dos quais surgirão as operações.
- O desenvolvimento cognitivo consistirá inicialmente na tomada de consciência das relações causais procedentes das ações do próprio sujeito, diferenciando-as das relações entre os objetos. A partir daí, o desenvolvimento leva à construção progressiva de dois sistemas: as operações do sujeito, geradas nas coordenações gerais da ação e à causalidade que extrai suas “informações” das ações particulares.
- A causalidade conduz aos “fatos” e às “leis”, a partir de propriedades observáveis. Mas a “leitura” dos fatos supõe instrumentos de “assimilação”, que não passam de formas de organização que dependem das estruturas operatórias construídas pelo sujeito (GARCÍA, 2002, p. 95).

E, nesse sentido, complementa que ficava evidenciado o fato de que a teoria do desenvolvimento cognitivo construtivista deveria se ocupar em “encontrar solução para o problema das inter-relações e interdependências entre o sistema constituído pelas operações lógico-matemáticas e o sistema de relações causais cuja fonte é o material empírico” (GARCÍA, 2002, p.96).

Na sucessão dessa construção, Piaget passa a direcionar esforços no sentido do entendimento do papel do objeto na formação das “operações físicas” do pensamento e no desenvolvimento de um “interacionismo integral” (INHELDER, 2011, p. 12). Nessa perspectiva portanto, estaria concluída a “epistemologia genética das categorias do conhecimento”, tendo já elaborados seus modelos lógico-matemáticos e físicos, que serviriam de instrumentos estruturais para a análise de suas questões.

No que concerne à história do pensamento, os autores advertem para o fato de o desenvolvimento do conhecimento lógico e matemático preceder o conhecimento dito experimental, dado que o conhecimento matemático, na medida em que é de natureza puramente dedutiva, não depende da experiência. Por outro lado, o conhecimento físico apoia-se na experiência e busca alcançar as relações entre os objetos do conhecimento e os fenômenos observados, assim como se apresentam para a realidade percebida pelo sujeito.

Nesse sentido, o conhecimento físico procura a assimilação da realidade a esquemas operatórios, o que implica na construção de explicações dedutivas. Trata-se de conhecimento substancialmente vinculado ao mundo real, devendo-se levar em conta as propriedades dos objetos (não construindo raciocínios a priori acerca deles) e, dessa forma, sua elaboração envolve esquemas aprimorados de assimilação.

Diferentemente das noções matemáticas, que se constituem por coordenações gerais das ações, as noções físicas se estabelecem por coordenações características que diferenciam

os objetos entre si, e extraem destes suas propriedades específicas. O limiar entre eles, no entanto, é flexível e as ações particulares devem estar coordenadas entre si, de modo que coordenações gerais lógico-matemáticas participam das coordenações especializadas associadas ao conhecimento físico. Nessa perspectiva, o conhecimento físico não se constitui meramente como um produto da experiência externa ou interna, mas sim por uma harmonização necessária entre as estruturas lógico-matemáticas e os dados experimentais assimilados pelo sujeito.

Nesse sentido, a importância do estudo acerca das noções físicas reside na compreensão do modo como a estrutura cognitiva dos sujeitos constrói as relações entre estes e os objetos do mundo real, em outras palavras, entender a natureza da contribuição da experiência e dos processos dedutivos do pensamento humano na elaboração do conhecimento físico.

Em Piaget, por exemplo, encontra-se a crítica a explicações baseadas na concepção de que a noção de espaço seria assimilada pela experiência ou por meio de uma coleção de imagens sobre os objetos; critica ainda a percepção de tempo como uma noção primitiva enquanto a velocidade como derivada. Acerca disso, argumenta que os dados da epistemologia genética evidenciam que no decorrer das fases iniciais de desenvolvimento das noções, o quadro se estrutura em correlação com a organização do seu conteúdo e consiste nessa própria organização.

A respeito disso, Piaget (1975, p. 18) argumenta:

De uma parte, as coordenações gerais da ação que constituem, nós temos visto, o ponto de partida das formas lógico-matemáticas, se estruturam e se afirmam somente na medida do seu exercício, isto é, a propósito das ações especializadas (portanto físicas) que se trata de coordenar entre elas. Disso resulta que, antes dos 11-12 anos, não existe, na criança, lógica formal aplicável indiferentemente a tudo, mas os diversos tipos de raciocínios (por ex. $A = B$; $B = C$ portanto $A = C$ ou $A < B$; $B < C$ portanto $A = C$, etc.) devem ser reconstruídos por ocasião de cada nova noção que se trata de elaborar (quantidade de matéria, peso, volume, etc.). De outra parte, não existe dado experimental que não suponha, nem sequer para sua leitura, uma coordenação lógico-matemática (não importa a qual nível) para a qual esse dado é necessariamente relativo.

O conhecimento físico é, portanto, dependente das coordenações lógico-matemáticas, apresentando uma formação simultânea e progressivamente solidária entre essas duas formas de conhecimento. Nesse processo, o estabelecimento de coordenações gerais (fonte dos conhecimentos lógico-matemáticos) mostra-se indissociável das coordenações especializadas (fonte de conhecimentos físicos), de modo que os conhecimentos de ambas as naturezas se estruturam em um movimento dual de interiorização e de exteriorização.

Interessante destacar a relação do sujeito com os objetos nesse processo de aquisição de uma noção física. Os conhecimentos físicos elementares emergem de ações relativamente isoladas, que vinculam de forma direta o objeto ao sujeito e, tendo este último incorporado o primeiro apenas sob suas características mais exteriores (fenomenistas), ao passo que as relações que vinculam ao sujeito conservam-se egocêntricas, associadas a atividade momentânea do sujeito. Por outro lado, o desenvolvimento do conhecimento físico, deriva da atividade de coordenar as ações entre elas incluindo-as num sistema de conjunto de transformações. Tal coordenação constitui-se na descentração das ações iniciais com o afastamento do sujeito de seu ponto de vista egocêntrico e da inserção de suas ações num sistema reversível e coerente.

A atividade coordenadora é construída sobre a ação direta vinculada ao objeto e sendo interiorizada na forma de esquemas operatórios que, a medida em que sua estruturação é aperfeiçoada, vão se afastando das ações concretas imediatas. Os objetos, por outro lado, se exteriorizam e se objetivam conforme são assimilados, não mais à atividade imediata do sujeito, mas às coordenações gerais da ação ou do pensamento.

A título de exemplo, a noção física de tempo, em sua gênese e desenvolvimento, encontra-se particularmente vinculada às ações e coordenações espaciais pois ambas as noções se apoiam no deslocamento dos objetos. As coordenações associadas a noção de tempo vão sendo diferenciadas progressivamente em virtude de considerarem propriedades intrínsecas aos objetos e levar em conta as coordenações cinemáticas (ex: velocidade), enquanto para a constituição de espaço bastaria a coordenação das posições de objetos que se deslocam.

Acerca disso, Piaget (1975, p. 46) argumenta:

Com efeito, se é exato que a coordenação das ações pressupõe um elemento de sucessão temporal, então este elemento não é dissociável da sucessão espacial dos movimentos ou da sucessão lógica (ou da ordem dos meios e fins), isto é, dos fatores que, uma vez abstraídos das coordenações iniciais e reagrupados em operações, engendram a sucessão ou a ordem lógico-matemática: para dar lugar a uma sucessão especificamente temporal, esses elementos abstraídos da ação deverão ser postos em relação com elementos abstraídos do objeto sobre a qual se exerce essa ação, isto é, com os fatores da velocidade.

Tal entendimento leva a concluir que as coordenações de conjunto que fundamentam o tempo operatório são análogas às operações lógico-matemáticas, porém não são idênticas a elas. São, portanto, operações físicas, pois incorporam, na sua estrutura, elementos do objeto. Nesse sentido, a construção da noção temporal consiste em extrair algo dado no objeto, por

oposição às coordenações gerais das ações (conhecimento lógico-matemático) que se coordenam por si mesmas ao exercer-se sobre os objetos.

A sequência do trabalho desenvolvido pelos autores suscitaria a necessidade de se investigar os mecanismos inerentes ao progresso do conhecimento na criança e, nesse sentido, a importância destes é destacada por meio do estudo de mecanismos análogos observados no processo de construção do conhecimento científico, que podem ser percebidos a partir das transições entre níveis de conhecimento (dos de menor organização para outros mais elaborados) (PIAGET e GARCÍA, 2011).

Piaget procurou captar essa melhora ou aumento de conhecimento por um modelo inspirado nos mecanismos biológicos: o modelo da equilibração. Tal mecanismo, obedecendo a um direcionamento de origem endógena, permite neutralizar as perturbações produtoras de desequilíbrios. As reequilibrações, longe de conduzir a uma homeostasia, podem ser fonte de novidades. Os processos particulares responsáveis pelas superações e pela integração do superado em novas formas de conhecimento são numerosos: a abstração reflexiva e a generalização, a tomada de consciência e a tematização, a invenção dos possíveis e as inferências conduzindo à necessidade. Todos são responsáveis por uma evolução em espiral, de natureza dialética, marcando o papel importante dos desequilíbrios nas readaptações produtivas do sujeito (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 12-13).

Partindo do ponto de que os autores discordam de opiniões difundidas entre cientistas e historiadores das ciências de que não há relação entre a formação das noções e das operações nos estádios elementares com sua posterior evolução nos chamados “níveis superiores”, e de que o significado epistemológico de um instrumento de conhecimento (domínio da história e da psicogênese) seja independente do seu modo de construção, eles partem em busca de verificar se a formação dos instrumentos cognitivos pode esclarecer o seu significado epistemológico ou se estes pertencem a domínios distintos – aspecto central a ser discutido no livro “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*” (PIAGET e GARCÍA, 1982).

Do ponto de vista da psicogênese, primeiramente os autores esclarecem equívocos em relação a dois campos de pesquisas: o primeiro se refere ao estudo da formação dos instrumentos cognitivos, bem como da sua natureza, como subordinados às normas aceitas ou fornecidas pelo sujeito em suas atividades intelectuais internas ou associadas aos objetos; noutro campo está “a psicogênese dos processos factuais” como não dependentes de qualquer aspecto normativo, tendo como preocupação apenas o “funcionamento psicofisiológico dos comportamentos” (PIAGET E GARCÍA, 2011, p.19).

Para a dupla, entre aqueles que contestam a importância da psicogênese para a epistemologia predomina a percepção apenas do aspecto factual do desenvolvimento, esquecendo que, em qualquer nível, o sujeito obedece a “normas cognitivas” cujo interesse

reside no dinamismo das suas construções sucessivas, indispensáveis à construção de qualquer conhecimento válido. Acerca disso, embora nesse ponto se reconheça que se trata apenas de estruturas pré-científicas, tal estruturação reflete um aspecto fundamental à epistemologia das ciências: o de que o sujeito, partindo de níveis elementares, formados por estruturas ditas “pré-lógicas”, chegará à “normas racionais”, análogas às das ciências em seus primeiros passos. Dessa forma, compreender os mecanismos envolvidos nessa evolução das normas e concepções pré-científicas até sua incorporação com as do pensamento dito científico que se inicia é, de forma incontestável, um problema de natureza epistemológica, a medida em que esta (a epistemologia) se ocupa em interpretar o conhecimento científico como produto da atividade mental do ser humano e a explicar como o seu raciocínio pode produzir a ciência na qualidade de “um sistema coerente de conhecimentos objetivos” (BETH e PIAGET, 1961).

Já no campo da história das ciências, os autores atestam que a hipótese de que a formação do conhecimento esclarece sobre o seu significado epistemológico é mais comumente aceita. Há nesta área a concepção de que a ciência esteja em “perpétuo devir”, sempre aberta a reformulação, não considerando qualquer setor desta como absolutamente estabelecido. Sendo assim, é natural compreender que nenhum conhecimento está dissociado de seu contexto histórico e, conseqüentemente, a história de uma noção forneça algum indicativo acerca de seu significado epistêmico. Para tal empreitada ainda seria necessário um esforço em não colocar as questões em termos factuais (influência de um personagem sobre outro, o papel dos precursores na ascensão dos sistemas seguintes etc.) mas em termos de “linhas de força”, de aperfeiçoamento das normas numa escala que possibilite perceber seus estádios. Nesse sentido, torna-se essencial caracterizar as grandes etapas sucessivas (níveis) da elaboração de um conceito ou estrutura, tendo em vista que o problema central não consiste na continuidade ou nas discontinuidades, mas na própria existência dos níveis e especialmente na razão da sua progressão (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 23).

No entanto, embora a compreensão do alcance epistemológico referente ao estudo dos períodos da história da ciência bem como de suas “linhas de força” seja mais facilmente reconhecido, no campo da psicogênese, o papel informativo da história na análise da construção do conhecimento é menos perceptível. Ainda assim, há semelhança entre esses dois diferentes campos, não apenas pelo fato de as etapas do saber não se sucederem de maneira linear, mas porque cada estádio se estabelece a partir de uma reorganização do que o

precedeu, resultando, dessa forma, numa integração parcial de algumas concepções iniciais com os níveis superiores.

Nesse ínterim, a afinidade (o parentesco) entre os campos citados (epistemologia histórico-crítica e a epistemologia genética) reside principalmente no fato de que as duas categorias analíticas, a despeito de suas particularidades metodológicas, acabam por se deparar, em todos os níveis, com a questão dos *mecanismos* e dos *instrumentos* semelhantes, que regem não somente as relações elementares entre sujeitos e objetos, mas acima de tudo na maneira como se relacionam os níveis de conhecimento e a forma como um nível mais elementar condiciona a estruturação de seu sucessor, o que implica se deparar com os mesmos problemas gerais citados anteriormente.

O primeiro dos problemas diz respeito a definir o papel da experiência e das construções operatórias do sujeito na elaboração do conhecimento. Acerca disso, por exemplo, os autores destacam o problema relacionado aos princípios de conservação, que por um lado se apresentam como uma exigência direta da dedução (“se tudo se transforma sem invariantes, nenhuma inferência é possível”), por outro lado, mudaram de conteúdo (ex: o que ocorreu com os conceitos de massa e energia, na mecânica relativística). Nesse sentido, a experiência desempenha papel importante em, por exemplo, indicar que tipo de conservação ocorre, e que aspecto se conserva, e os estudos psicogenéticos foram úteis em demonstrar o caráter não imediato das conservações mais elementares (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 25).

A segunda questão pertinente às epistemologias (histórico-críticas e genéticas) é a da natureza das relações entre sujeito e objetos do conhecimento (lógico-matemáticos ou físicos). De acordo com os autores, nesse ponto, a preocupação fundamental consiste em caracterizar os instrumentos aos quais o indivíduo recorre na resolução dos problemas (tipos, origem, como se constroem) (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 27).

Um terceiro grande problema acerca do qual o paralelo história-psicogênese se demonstra elucidativo está em mensurar (precisar) até que ponto um conhecimento novo é “pré-formado” ou deriva de uma construção concreta passível de predeterminação. Os autores destacam que pode parecer estranho levantar-se essa questão quanto à psicogênese, tendo em vista ser amplamente difundida a ideia de que a criança não inventa nada e apenas reproduz algo que aprende. No entanto, para eles, uma forte evidência da falsidade de afirmações como essa pode ser extraída do surpreendente desenvolvimento das crianças em seus primeiros

meses de vida¹². Dessa forma, sobre esse aspecto, a preocupação reside, portanto, em observar se se tratam de “novidades sucessivas” da ação de uma programação hereditária ou da atualização de possibilidades ainda não vislumbradas. Acerca dessa questão, os autores argumentam que as evidências apontam que um sistema de autorregulações (e não a hereditariedade) se apresenta como o mecanismo orgânico primordial nessa gênese (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 30).

Outra questão suscitada pelos autores diz respeito a um aparente dilema proveniente da concepção de que, sendo os entes lógico-matemáticos formados pelas construções dos sujeitos e as verdades físicas estando subordinadas a essas construções e às possibilidades experimentais, um determinado sistema cognitivo dependeria da trajetória que levou à sua elaboração. Dessa forma, restaria a dúvida se tal sistema poderia ser alcançado por percursos distintos dos que resultaram na estrutura produzida (outra Física ou Matemática seria possível?), aspecto que, se negado, poderia implicar uma hipótese de predeterminação do conhecimento. Piaget e García, recusam-se a aceitar tal dilema tendo em vista que os resultados distintos obtidos a partir de diferentes caminhos podem ser, uma hora ou outra, ajustados por meio de transformações complexas posteriores (não pré-formadas). Essa segurança acerca dessas coordenações apoia-se na percepção de que a natureza existe e que, mesmo estando em constante evolução “dos seres e do espírito”, não admite contradição (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 35).

Por conseguinte, a noção de fato também é esclarecida por eles antes dos demais aprofundamentos. A respeito desse aspecto é destacado que um determinado fato será sempre o resultado da composição de uma parcela provida pelos objetos e de uma construção realizada pelo sujeito. Tal entendimento emerge mediante o reconhecimento de que um observável transcende o registro perceptivo, tendo em vista que a percepção é dependente dos esquemas da ação. Esse comportamento é observado pelos autores tanto na psicogênese como na história das ciências, e a interferência desses esquemas é tão significativa que pode levar a uma deformação de um observável em função de uma falsa interpretação ou premissa (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 37).

12 Sobre esse período, eles destacam que, mesmo enquanto a criança ainda não se expressa de forma verbal e é apenas condicionada pelos adultos a um conjunto restrito de comportamentos, o desenvolvimento de sua capacidade cognitiva (envolvendo aspectos como a construção do espaço e a percepção da causalidade) manifestam uma evolução significativa e uma profusão de novas descobertas e invenções (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 30).

Os autores argumentam ainda que um objeto se estabelece numa interação com os fatos (dualidade de significados), de modo que a formação daquele implica uma coordenação destes, o que é percebido nos princípios sensório-motores de permanência (sucessões, posições etc.). Nesse sentido, um fato (ao mesmo tempo que é interdependente de um sistema de esquemas) somente poderá ser distinguido de um observável e ter seu sentido ampliado se evidencia ações ou propriedades dos objetos. Dessa forma, é possível considerar o objeto como uma “síntese de fatos” ligados a uma mesma base, e os fatos como a manifestação de ações ou relações entre objetos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 38).

Na sequência, o próximo passo nas interpretações que a estruturação dos fatos abrange é produto de uma “generalização” que implica a constituição de “fatos gerais”, que os autores definem como uma “lei”. A exemplo da física, uma lei, ainda que fortemente matematizada, mantém-se na qualidade de fato geral, a medida em que sua “generalidade” permaneça de “natureza indutiva” e não proveniente de “conexões necessárias”. Essa “matematização” compreende um agrupamento de ações tomadas pelo cientista, voltadas a um aspecto obtido por meio da experiência e pautado pela natureza do seu conteúdo. Se esse conjunto de ações assim permanece, não será “revestido de características necessárias”, enquanto não for estabelecido num “sistema de relações causais”. As relações causais transcendem os limites das leis e dos fatos, uma vez que consideram um fato como sendo consequência indispensável de fatos anteriores, bem como origem de novas transformações. Diferentemente de uma lei (centrada na forma e compreendendo apenas operações “aplicadas”) a causalidade emerge no momento em que se pode coordenar as transformações em estruturas completas, das quais as leis de formação sujeitam as combinações e mudanças operatórias solidárias na qualidade de “sistemas fechados”, cada qual contendo a sua lógica particular (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 41).

É relevante destacar que os autores ratificam que a concepção a ser defendida ao longo de *“Psicogênese e História das Ciências”* consiste em algo fundamental a respeito da epistemologia genética: “a natureza construtivista de noções como validade, necessidade, justificação do conhecimento”. Acerca desse aspecto é destacado que existe uma diferença significativa e um extenso percurso entre a utilização não reflexiva e automática de esquemas de elaboração do conhecimento e a tomada de consciência de tais estruturas. Ratificam ainda a sua divergência com o quadro proposto por Thomas Kuhn acerca da evolução das teorias científicas, tendo em vista que, para eles, qualquer conhecimento, por mais recente que seja, jamais consiste num “primeiro fato” absolutamente isolado dos que o antecedem mas, pelo

contrário, emerge de reestruturações, correções e adaptações de conhecimentos anteriores, mesmo se tratando de novos resultados experimentais que, de forma geral, não são incorporados aos sistemas já elaborados, sem primeiramente um empenho que envolva a “assimilação” e a “acomodação” às estruturas de pensamento dos sujeitos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 46).

Quanto a essas estruturas cognitivas, os autores as comparam a organismos cujo estado presente é consequência não apenas do ambiente atual, mas inclusive de toda história ontogenética e filogenética; aspecto que não descarta o atributo “normativo” que tais estruturas venham a exercer para o sujeito. Isso implica compreender que em relação aos processos cognitivos existe outro fator determinante que é a “transmissão cultural”. Nesse sentido:

[...] o conhecimento não é nunca um estado, mas um processo influenciado pelas etapas precedentes do desenvolvimento, impondo-se a análise histórico-crítica. Iremos defender que os únicos fatores realmente onipresentes nos desenvolvimentos cognitivos – tanto em história das ciências como em psicogênese – são de natureza funcional e não estrutural. Estão relacionados com a assimilação das novidades às estruturas precedentes e com a acomodação destas às novas aquisições realizadas (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 47).

Entretanto, os autores sublinham que os órgãos e os conteúdos de estruturação dessas funções universais são dinâmicos, mudando constantemente, transformando-se em elemento constituinte do desenvolvimento histórico. Dessa forma, a evolução contínua dos conhecimentos ocorre pelo que eles chamam de “reorganizações e reequilibrações” gradativas (não sendo necessário admitir uma pré- formação), sendo a necessidade característica das estruturas resultado de conquistas sucessivas. Tal percepção implica reconhecer:

[...] que o conhecimento científico não é uma categoria nova, fundamentalmente diferente e heterogênea em relação às normas do pensamento pré-científico e às técnicas inerentes às condutas instrumentais específicas da inteligência prática [...] As normas científicas situam-se no prolongamento das normas de pensamento e de práticas anteriores, mas incorporando duas exigências novas: a coerência interna (do sistema total) e a verificação experimental (para as ciências não dedutivas) (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 47).

No caso específico da evolução da física (entre os períodos aristotélico e pré-newtoniano), Piaget e García afirmam que foi possível demonstrar um paralelismo entre os quatro estágios da psicogênese e quatro etapas históricas do desenvolvimento da mecânica antes de Newton (os dois motores aristotélicos, a necessidade de um único motor externo, o advento do *impetus* e a descoberta da aceleração). O foco da pesquisa dos autores, no entanto, não alude quanto ao conteúdo das noções, mas sim acerca dos **mecanismos** e **instrumentos**

comuns em seu processo de construção. Segundo eles, a característica mais geral desses elementos diz respeito à natureza dos raciocínios que em ambos os campos, e em todos os níveis, compreendem “abstrações reflexivas” e empíricas, ou tanto generalizações de naturezas construtivas como extensionais.

Outra característica geral diz respeito à evidência de que em elaboração cognitiva alguma o sujeito emprega experiências “puras”, uma vez que, como destacado anteriormente, qualquer dado observável implica uma interpretação do sujeito, e o chamado “fato” se estabelece na interação deste com os objetos. Dessa forma, em qualquer domínio, o conhecimento compreende um aspecto de natureza inferencial de forma que a contribuição do sujeito para sua construção seja inquestionável, posto que a própria configuração das classificações depende da estrutura dos “agrupamentos”. Tal estrutura, segundo os autores, está estabelecida na criança desde os sete, oito anos, porém com número limitado de elementos.

Esses mecanismos e instrumentos comuns remetem a uma terceira característica geral que opera desde as construções sensório-motoras até as formas mais elaboradas do pensamento científico, que é o processo dual de “diferenciações e integrações” pertinente a todo o desenvolvimento cognitivo e o fato desses processos, conforme o desenvolvimento do sujeito, tornarem-se solidários.

Uma quarta característica citada, destaca que em todas as escalas do saber está presente a busca por “razões”. Tal procura acaba por relacionar os resultados obtidos a “estruturas” ou coordenações de esquemas.

Por fim, um quinto aspecto destacado, diz respeito a observar que nos diversos períodos da história do pensamento científico, de forma geral, as evoluções alcançadas entre as etapas acontecem de forma coerente, lógica, podendo inclusive serem seriadas, tal como ocorre na psicogênese, em “estádios” sucessivos. Os autores buscam caracterizar tais níveis, em ambas as áreas, ao longo da obra.

Essa busca por “leis de sucessão” constitui um dos aspectos cruciais da empreitada de Piaget e García em *“Psicogênese e História das Ciências”*, entretanto eles destacam de forma cautelosa o que pretendem apreender nessa comparação entre os campos da psicogênese e da história:

[...] o objetivo não é de modo algum estabelecer correspondência entre as sucessões de natureza histórica e as que revelam análises psicogenéticas destacando os conteúdos, mas, o que é completamente diferente, mostrar que os mecanismos de

passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seu sucessor (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 50).

2.5. A construção do conhecimento e os mecanismos de passagem

Os denominados “mecanismos de passagem” constituem o “objeto central” do trabalho de Piaget e García na obra em questão, e denotam ao menos dois atributos comuns à psicogênese e à história das ciências. Acerca desses atributos, os autores resumem:

O primeiro [...] é constituído por um processo geral que caracteriza todo o progresso cognitivo: é que, em caso de superação, o superado é sempre integrado ao superante (o que não acontece fora das superações cognitivas, inclusive em biologia). O segundo mecanismo de passagem, ainda não estudado por nós, mas que é central na presente obra, é um processo que nos parece de natureza completamente geral: é o que conduz do *intraobjectal*, ou análise dos objetos, ao *interobjectal*, ou estudo das relações ou transformações, e daí ao *transobjectal*, ou construção de estruturas. O fato que essa tríade dialética se encontre em todos os domínios e em todos os escalões, parece-nos constituir a principal aquisição a que levaram os nossos esforços comparativos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 50).

Pode-se reconhecer os mecanismos de progressão do conhecimento nos processos que conduzem de um nível de organização de menor complexidade aos seus níveis sequenciais posteriores. Em trabalho pgresso, Piaget (1976) se ocupou de compreender essa evolução, ou ganho de conhecimento, por meio de um modelo com inspiração em mecanismos biológicos, o chamado processo de “equilibração”. Nesse processo, a construção do conhecimento ocorre quando o sujeito atua no sentido de modificar suas próprias estruturas cognitivas a fim de acomodar os desequilíbrios e, por fim, ascender a uma nova conjuntura de equilíbrio, aperfeiçoada. Tendo em vista que esses processos de equilibração se definem pela manutenção de uma ordem de naturezas funcional e estrutural num sistema dito “aberto”, o equilíbrio cognitivo procura sempre níveis mais elaborados nos quais a interação pode ser mais fecunda, produzindo, dessa forma, não a eliminação mas a gênese de novas estruturas.

No prefácio à obra, Inhelder resume os processos particulares responsáveis pelas superações e pela integração do superado em novas formas de conhecimento:

[...] a abstração reflexiva e a generalização, a tomada de consciência e a tematização, a invenção dos possíveis e as interferências conduzindo à necessidade. [...] Estes mecanismos e instrumentos, ilustrados por diversas condutas da criança ao solucionar problemas, revelaram ser de natureza tão geral que servem de heurística a uma análise aprofundada das sequências históricas de algumas evoluções do pensamento matemático e físico (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 13).

Dito isso, o caráter generalista das etapas descritas anteriormente (*intra-inter-trans*), bem como o fato dessa sequência ser encontrada em todas as subetapas constitui, para os

autores, “[...] o melhor dos argumentos em favor de uma epistemologia construtivista” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 51). Na sequência expomos, de forma mais detalhada, os mecanismos apontados pelos autores em sua leitura quanto ao desenvolvimento da física associada ao movimento dos corpos, bem como a perspectiva psicogenética acerca das noções associadas a esse fenômeno.

2.5.1. Os mecanismos de passagem na História da Ciência (exemplo na evolução da Física de Aristóteles a Newton)

Tendo em vista que a pesquisa dos autores é orientada a fim de identificar os mecanismos que operam na passagem de etapas relativas à evolução dos conceitos e das teorias, as análises realizadas nos capítulos seguintes de “*Psicogênese e História das Ciências*” – especialmente os que se referem à física – em geral, partem de um ramo de uma determinada ciência já estabelecida (não necessariamente terminada!) em busca de elucidar os “[...] êxitos, insucessos, crises e superações, com um destaque especial para os mecanismos que possibilitaram essas superações” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 53).

O primeiro exemplo abordado no texto diz respeito à ciência do movimento de Aristóteles¹³, um assunto no qual, de acordo com Piaget e García, o desenvolvimento continuou, até o final da Idade média, muito próximo do pensamento pré-científico da criança ou do adolescente quando confrontado com os mesmos fenômenos, de forma que seja possível indicar correspondências – inerentes à psicogênese e à evolução histórica de determinadas noções – não somente quanto aos mecanismos, mas inclusive quanto ao conteúdo das noções que afetam ambos os casos. A respeito desse tema, os autores destacam não haver restado hoje “nada de válido”, dado que a mecânica, enquanto ciência, estabeleceu-se somente no século XVII, o que deixava para trás uma extensa era pré-científica na qual, graças à grande quantidade de registro histórico, pode-se delinear a gênese e o desenvolvimento das noções desde sua origem.

13 Os autores justificam a escolha deste período apontando, primeiramente, que é em Aristóteles que eles localizam, com profunda precisão, concepções nas quais eles sustentam as analogias do paralelo existente entre a psicogênese e a história das ciências defendido por eles na obra. Além disso, o conjunto de ideias elaboradas por Aristóteles constitui, para os autores, o “sistema de referência essencial” ao desenvolvimento consecutivo da mecânica até o alvorecer da chamada ciência moderna. (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 56).

A concepção aristotélica acerca do movimento dos corpos

De início, Piaget e García destacam que uma teoria física válida é, em geral, condicionada a três fatores:

- 1) Uma metodologia ou utilização de técnicas visando a análise de fatos e verificação das hipóteses; 2) Um conjunto de posições epistêmicas (sem necessariamente de epistemologia tematizada), fornecendo a caracterização dos conceitos gerais empregados, num acordo estreito com os dados experimentais recolhidos, mas ultrapassando-os amplamente em nível da compreensão; 3) A construção de um sistema coerente, em que os fatos analisados e as noções utilizadas estejam ligados a uma totalidade lógica suficientemente integrada (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 56).

Em relação a Aristóteles, de acordo com eles, a metodologia é reduzida a uma pequena quantidade de observações “imediatas” e muito modestas, limitadas pelo processo que eles denominam como “*pseudonecessidade*”¹⁴, o que acaba interferindo no aspecto epistêmico, tendo em vista serem condicionadas desde a origem em virtude da escassez de experimentação. Apesar disso, as evidências, ainda que limitadas, bem como os conceitos que as interpretam, são organizados num “sistema de uma lógica perfeita” (num sistema de normas coerente), fato que ajuda a explicar a resiliência e persistência milenar da doutrina aristotélica, posto que para o advento de um novo sistema de coerência semelhante fora preciso aguardar até o surgimento da mecânica newtoniana (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 57).

Tal influência é explicada, entre outros fatores, pelo fato de Aristóteles fornecer um “quadro conceitual” que serviu de referência à reflexão científica posterior, no qual são indicados o tipo de questão que é necessário formular acerca do movimento e o gênero das explicações que se deveriam buscar, estabelecendo a concepção de “explicação racional da natureza”, dado que enaltece o poder dedutivo da teoria e justifica a necessidade de um exame detalhado¹⁵.

Tratando especificamente da doutrina aristotélica acerca do movimento, os autores destacam algumas características importantes; a primeira delas se refere às espécies de movimento possíveis, que são divididas entre “naturais” ou “forçados/violentos”. O movimento forçado, para Aristóteles, é imediatamente evidente a partir da simples experiência

14 Como exemplo desse processo – que será discutido com maior rigor na sequência – eles indicam o fato de Aristóteles definir que os únicos movimentos admitidos são retilíneos ou circulares o que leva a conclusões equivocadas, por exemplo, em relação à trajetória de projéteis.

15 São contribuições de Aristóteles quanto ao estabelecimento de um quadro conceitual a concepção de que qualquer nova ideia deveria ser apresentada na forma de comentários sobre os textos clássicos e a ideia de que uma explicação racional da natureza deve ocorrer por meio de uma demonstração lógica que parte de premissas aceitas (mas, por sua vez, indemonstráveis).

de se lançar uma pedra; por consequência ele deduz que, se há um movimento forçado (contrário à natureza) deve existir, da mesma forma, um movimento natural.

Uma segunda categoria relativa a concepção aristotélica diz respeito a uma ordem natural dos movimentos dos corpos materiais. Havendo apenas quatro elementos simples (terra, água, ar e fogo), e os demais sendo constituídos por uma mistura destes, existe uma sequência ou ordenação de movimentos de forma que qualquer corpo simples, quando fora de seu lugar específico, é provido de um “movimento natural” que o impele a ocupar o seu “lugar próprio”. Nesse sentido, água e terra são “pesados” e têm movimento natural retilíneo para baixo *em direção ao centro*, assim como ar e fogo são “leves” e têm movimento natural retilíneo para cima (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 62).

A terceira (e uma das mais importantes) característica da doutrina de Aristóteles se refere a explicação das causas dos movimentos em termos de “motores”. Para ele, seria impossível qualquer coisa se mover sem haver contato; o que o leva a concluir que não existe intermediário entre o que move e o que é movido. Um “motor interno” seria, portanto, a causa intrínseca do que foi definido, anteriormente, como “movimento natural” e, por outro lado, os “movimentos forçados” seriam produzidos por uma força de natureza extrínseca (“motor externo”) que impulsiona o corpo num movimento contrário à sua natureza (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 64).

Para explicar como um movimento forçado persiste após o contato com o agente responsável pelo impulso inicial, duas outras características são consideradas. Aristóteles postula, primeiramente, que qualquer movimento necessita ocorrer, necessariamente, num meio material; assim, o movimento de um projétil continua, após perder contato com o agente lançador, em virtude da interação daquele com o ar. Tal argumento é utilizado na sequência para justificar o movimento no vazio (e o próprio vazio) como impossível, dado que, para ele, no vácuo o movimento teria uma velocidade infinita, o que constituiria um absurdo (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 69).

Uma última característica destacada pelos autores, diz respeito às trajetórias possíveis para os movimentos naturais simples; para esse tipo de movimento, as únicas possibilidades são os movimentos circular e retilíneo, conclusão justificada por Aristóteles a partir do entendimento de que a linha reta e a linha circular “são as únicas que são simples”. O movimento circular diz respeito ao “movimento que gira em torno do centro” e é considerado “perfeito”, ao contrário da linha reta que é considerada “imperfeita”, sendo assim, o

movimento “que se dirige para cima ou para baixo” não é perfeito (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 69).

Piaget e García destacam, além de características relativas ao conteúdo das ideias de Aristóteles, que é interessante ainda analisar o tipo de raciocínio utilizado para chegar às suas conclusões. Segundo eles, do ponto de vista do encadeamento lógico a teoria aristotélica goza de extremo rigor e que, considerando como verdade as suas premissas, as conclusões a que ele chega devem ser também reconhecidas como verdadeiras. No entanto, um dilema observado por eles se refere ao fato da teoria aristotélica do movimento não partir do estudo de casos particulares mas de “princípios gerais de caráter metafísico”. Como exemplo, eles destacam:

Aristóteles não analisa *como os corpos caem em queda livre* (é Galileu que o fará dois mil anos mais tarde). Ele começa com uma observação geral: os corpos caem. Em seguida, tenta inferir como eles caem, mediante um raciocínio rigoroso fundamentado em princípios metafísicos. As conclusões que chega são completamente inverossímeis. Uma observação empírica das mais elementares teria bastado para invalidá-las. Todavia, o fato de ter chegado a tais resultados é menos surpreendente se analisarmos cuidadosamente a lógica interna e o fundamento epistemológico do sistema aristotélico. Poderíamos chegar à natureza das coisas através deste tipo de *experiência imediata, geral e qualitativa*. Em seguida poderíamos *deduzir* o como do comportamento dos corpos, que deve ser coerente tanto com a natureza das coisas como com os princípios, igualmente muito gerais, não demonstráveis, imposto pela razão (princípios como, por exemplo, o que é perfeito deve ser anterior ao que é imperfeito). Desse modo, Aristóteles não precisa verificar se realmente os corpos mais pesados caem mais rápido do que os corpos mais leves. Trata-se de uma consequência que decorre dos seus princípios e de outras observações gerais. Ele deve, portanto, aceitá-la sem que, em qualquer momento, surja a necessidade de conceber uma experiência para verificá-la (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 72).

Nesse sentido, em certo ponto, os autores discordam da maioria dos textos tradicionais voltados à história da ciência, nos quais há relativo consenso de que a diferença entre a ciência aristotélica e a ciência moderna esteja no tratamento dado observação, ou seja, enquanto o mundo antigo e medieval procurava as respostas às questões da natureza na “reflexão especulativa”, sem verificação experimental de suas afirmações, Galileu e seus sucessores partiam da observação e experimentação para elaborar suas teorias com base nos dados coletados. Tal concepção, para García e Piaget, só seria parcialmente verdadeira e, do ponto de vista epistemológico, desconsideraria os mecanismos essenciais do processo de construção do conhecimento científico. Por conseguinte, eles defendem que a diferença entre a ciência antiga e moderna não se encontra na renúncia ou na aceitação do emprego da observação e de métodos dedutivos, mas sim quanto à própria fundamentação epistêmica do conjunto teórico elaborado.

Além disso, os autores consideram importante destacar que, apesar de hegemônica, a doutrina aristotélica não esteve isenta de, no período medieval, sofrer críticas. Uma das mais destacadas por eles se refere a Filopono (490-570), pensador que influenciaria nomes como Nicolas Oresme (1323-1382) e Tomás de Aquino (1225-1274). Durante o século VI, Filopono refuta veementemente a interpretação aristotélica a respeito do movimento de projéteis, concluindo que o ar não poderia ser ao mesmo tempo promotor e resistência ao movimento de um corpo; fato que também o levaria a contestar a impossibilidade apontada por Aristóteles de movimento no vazio pois, para ele, nada impediria que qualquer corpo fosse lançado no vazio, dado que estariam presentes “o motor, o móvel e o espaço que deve receber o projétil”. Em que pese o fato de os questionamentos terem fundamento e, hoje, parecer que a doutrina aristotélica não resistiria a um exame experimental elementar e a raciocínios simples, durante boa parte do período medieval, o mundo cristão ocidental praticamente ignora as críticas de Filopono e de outros pensadores¹⁶ (PIAGET e GARCÍA, 2011, p.74).

Entretanto, os textos de Aristóteles se tornam controversos ao menos a partir do século XIII¹⁷ e importantes contribuições para a ciência do movimento emergem no seio do período medieval, antes do advento de Galileu e, mais importante, de Newton. García e Piaget citam ao menos três momentos relevantes: “a teoria do *impetus*, as modificações trazidas à lei aristotélica da dinâmica do movimento; o desenvolvimento da cinemática” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p 78).

Jean Buridan (1300-1358) é um dos que postula uma explicação no sentido da superação do modelo até então estabelecido. Tendo tecido uma série de argumentos, baseados na experiência, contrários à ideia aristotélica da “antiperístase”, Buridan conclui, no caso do movimento de projéteis, que o motor imprime uma determinada “*virtus motiva*” no corpo lançado, um certo *impetus* que atuaria na direção em que o motor coloca o corpo em movimento.

As propriedades apresentadas por Buridan acerca desse *impetus* levaram historiadores a considerarem-no como uma antecipação primitiva dos conceitos de quantidade de

16 Durante a idade média as ideias de Filopono seriam apenas conhecidas por meio da versão deturpada de Simplício, seguidor da doutrina aristotélica. No mundo Árabe houve uma linha de pensamento que sofre a influência das ideias de Filopono, especialmente na figura de *Ibn Sīnā* (conhecido por seu nome latinizado de Avicena).

17 Fato relevante nesse período é que o ensino de Aristóteles é condenado pela Igreja Católica em virtude de, entre outras razões, o determinismo de sua “física” não deixaria espaço suficiente para o “livre exercício da vontade divina”.

movimento e de inércia; além disso, Buridan desenvolve, ainda de forma abstrata, o conceito de energia associada ao movimento.

Um dos discípulos de Buridan destacado é Nicolas de Oresme (1323-1382) que, em seus comentários sobre Aristóteles, demonstra com clareza sua concepção acerca do *impetus*, sendo este, para ele, ao mesmo tempo produzido pela aceleração do corpo, mas também tendo como resultado mais aceleração (propriedade simultânea de causa e efeito) (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 85).

Considerações Epistemológicas acerca da Construção do Conhecimento nessa passagem histórica

O exemplo apontado pelos autores serve de referência para a explicação daquilo que eles julgam como extremamente relevante do ponto de vista epistemológico. Há inclusive nas linhas escritas por García e Piaget uma evidente percepção de que a história das ciências não serviria apenas como “memória” do conhecimento científico, mas inclusive como o seu “laboratório epistemológico”. Os autores extraem os termos entre aspas de Eduard Jan Dijksterhuis¹⁸ quando este comenta acerca do fato de o desenvolvimento da mecânica clássica ser um dos melhores exemplos históricos que existem para evidenciar como “qualquer solução de um problema científico suscita novas questões, as quais são, por sua vez, em parte de natureza científica, mas, em parte também de natureza epistemológica” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p.88).

Piaget e García, entretanto, divergem do modo como Dijksterhuis formula o problema epistemológico a partir de questões diretas como “o que conhecemos?” ou “o que explicamos?”, argumentando que:

[...] a chave da interpretação da evolução histórica de uma ciência reside em saber *como* se passa de uma etapa à seguinte, ou seja, quais são os mecanismos cognitivos em jogo em cada etapa e quais são aqueles que facilitam a superação que permite chegar no nível superior (PIAGET e GARCÍA, 2011, p.89).

18 Eduard Jan Dijksterhuis, importante historiador da ciência e matemático holandês, professor de disciplinas como Matemática, Física, Cosmografia etc., com destaque para o ensino de História da Matemática e a natureza da Ciência nas Universidades de Utrecht e de Leiden. Conhecido também por defender mudanças na forma como a matemática era ensinada, tendo em vista reforçar as características formais da disciplina. Em 1950, foi nomeado membro da Real Academia de Artes e Ciências da Holanda. Em 1924 publica a obra “Val en Worp. Een Bijdrage tot de Geschiedenis der Mechanica van Aristoteles tot Newton” (Dijksterhuis, 1924), cujo título em língua portuguesa poderia ser traduzido como “*Cair e arremessar. Uma Contribuição à História da Mecânica de Aristóteles a Newton*” (HOOYKAAS, 2013).

De início os autores reforçam a tese geral que, segundo eles, é evidenciada por outros historiadores da ciência, de que o avanço do conhecimento científico nos momentos de crise não é resultado de uma evolução da metodologia empregada (ainda que esta participe do processo); com efeito esse avanço é condicionado especialmente às transformações suportadas pelo quadro epistêmico que faz uso ou orienta essa metodologia e este evolui de maneira independente. Acerca disso, argumentam:

[...] numa época que a Física de Aristóteles era o sistema de referência obrigatório em todos os estudos sobre a dinâmica do movimento, o desenvolvimento da metodologia da ciência tinha atingido níveis surpreendentes, bastante evoluídos, mesmo em direção à filosofia da ciência atualmente dominante no mundo ocidental. As razões pelas quais o conteúdo da teoria aristotélica do movimento - assim como dos seus seguidores medievais - difere das ideias que Galileu, Descartes, Huygens e Newton defenderam, não devem ser buscadas onde as colocaram os textos tradicionais de história da mecânica. O longo caminho que vai de Aristóteles ao século XVII não é determinado pelas dificuldades que os autores desse lento processo teriam tido para se convencerem dos benefícios da experimentação ou da fecundidade do método hipotético-dedutivo (PIAGET e GARCÍA, 2011, p.89).

Isto posto, não faz sentido buscar como se desenvolveu uma metodologia apropriada que possibilitaria a formulação de uma teoria do movimento que atendesse os parâmetros atuais inerentes a uma teoria científica; pelo contrário, devemos buscar primeiro os fundamentos epistêmicos implícitos à utilização dos caminhos metodológicos, assim como o processo evolutivo que culmina nos pressupostos epistemológicos que servem de base para os parâmetros de aceitação de determinada teoria como cientificamente adequada.

Nesse sentido, para os autores, é necessário realizar uma análise epistemológica com a finalidade de estabelecer as etapas históricas da ciência e, para isso, torna-se essencial distinguir os aspectos metodológicos da base epistêmica, para a qual a preocupação está relacionada (1) ao gênero das questões a serem resolvidas por determinada teoria, (2) ao gênero dos axiomas, explícitos ou não, (3) ao gênero da relação teoria-experiência (ou experimentação) e (4) ao papel atribuído à matemática na elaboração de uma teoria física (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 90).

Além disso, as explicações científicas estariam condicionadas inclusive ao quadro epistêmico estabelecido por componentes de outras naturezas (econômica, política, filosófica etc.) atrelada às condições sócio-históricas e à ideologia de um determinado povo:

Para nós, a cada momento histórico e em cada sociedade, predomina um determinado quadro epistêmico, produto de paradigmas sociais e em origem de um novo paradigma epistêmico. Uma vez constituído um determinado quadro epistêmico, torna-se impossível dissociar a contribuição proveniente do componente social daquela que é intrínseca ao sistema cognitivo. Assim constituído, o quadro

epistêmico começa a atuar como ideologia que condiciona o desenvolvimento posterior da ciência. Essa ideologia funciona como obstáculo epistemológico que não permite qualquer desenvolvimento fora do quadro conceitual aceito. É apenas nos momentos de crise, de revoluções científicas, que há uma ruptura com a ideologia científica dominante e que se passa a um estado diferente com um novo quadro epistêmico, distinto do precedente (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 344)

Como dito, a resposta a essas questões de natureza epistêmica não devem versar em termos de desenvolvimentos metodológicos, mas sim resultar de uma busca de cunho histórico, procurando desvelar os “pressupostos epistêmicos” que tipificam as etapas do desenvolvimento, bem como os mecanismos relacionados a tal processo. A partir disso, os autores compreendem que o desenvolvimento da mecânica a partir de Aristóteles até Galileu e Newton se caracteriza por três formas específicas de “transição”, com base nas quais é possível definir com precisão a revolução científica que ascendeu no século XVII como produto de uma “mudança do quadro epistemológico” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 91).

1) Das *pseudonecessidades* e das *pseudoimpossibilidades* à necessidade lógica e causalidade

O termo “pseudo” aparece algumas vezes nos textos de Piaget e seus colaboradores, e remete com certa clareza o fim que geralmente se atribui ao prefixo que, em geral, é utilizado para marcar algo que superficialmente parece ser uma coisa, mas na verdade não o é.¹⁹ Nesse sentido, há a percepção da obra aristotélica que, uma vez assumidas como verdadeiras as suas premissas (axiomas), o rigor lógico deve *necessariamente* nos levar a aceitar as conclusões a que chega. Tal fato atesta, para os autores, a correspondência do raciocínio de Aristóteles com a etapa psicogenética caracterizada pelo predomínio das *pseudonecessidades* e das *pseudoimpossibilidades*.

Acerca disso, eles argumentam que estas derivam, em parte, da admissão de que as coisas que existem, devem existir necessariamente dessa forma e, por outro lado, provém de imposições de uma cosmovisão vinculada a premissas religiosas. Quanto ao primeiro caso, as duas características distintas da *pseudonecessidade* remetem primeiramente à confusão entre o que é geral e o que é necessário e, por outro lado, a não distinção entre o que é normativo e o que é factual. Nesse sentido, a existência de um raciocínio limitador do tipo “deve ser assim” impõe uma série de restrições, que podem durar séculos, ao que se define por

19 Pseudo: termo de origem grega (pseudes / pseûdos) que significa literalmente “mentira” ou “falsidade”. Exemplos comuns de palavra com o prefixo “pseudo” são os termos “pseudônimo” (nome falso usado por escritores que não querem se revelar) e pseudociência (uma ciência falsa ou suposta).

admissível na qualidade de “possível”. Disso, decorre ser errôneo para os autores acusar Aristóteles de não haver observado a natureza e de decorrer dessa preocupação com a observação a revolução científica do século XVII. Na verdade, para eles, os “erros” de Aristóteles não residem em sua incapacidade de observar, mas se devem aos pressupostos epistemológicos enraizados na sua forma de perceber os dados da experiência (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 92).

As limitações impostas pelas *pseudonecessidades* e *pseudoimpossibilidades*, são explicadas com o exemplo do raciocínio:

Os corpos abandonados a si mesmos a uma determinada distância da superfície da terra, sobem ou descem. A terra e a água descem; o ar e o fogo sobem. Uma mistura de vários elementos terá o movimento do elemento predominante, uma vez que não se observa corpo que permaneça suspenso e imóvel. Dessa observação geral decorre uma premissa também geral: é impossível que um corpo possa ter mais que um único movimento simples ao mesmo tempo. Dessa premissa – fundamentada na observação – deduzir-se-á qual é o movimento de um projétil lançado horizontalmente: primeiro predominará o movimento violento, e o projétil seguirá o seu deslocamento horizontalmente até parar; em seguida, atuará o movimento natural e o corpo iniciará a sua queda (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 92-93).

Há, dessa forma, a imposição de uma série de limitadores ao desenvolvimento das ideias acerca das observações da natureza, bem como das hipóteses a serem consideradas na análise dos dados e construção do pensamento científico. Nesse sentido, para os autores, a história da mecânica pode ser descrita como a história da superação das *pseudonecessidades*, tendo por seu momento mais destacado e “dramático” a superação da necessidade do movimento circular dos planetas e a proposição, por Kepler, de uma trajetória elíptica (imperfeita) (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 93).

2) Dos atributos às relações

Um segundo aspecto considerado por Piaget e García é a mudança de perspectiva de uma preocupação central com as qualidades (propriedades/características de um corpo) à introdução da medida, ou seja, uma mudança de foco rumo à discussão a respeito de suas relações (comparações) com outros corpos. Tal mudança implica uma relativização de conceitos até então tidos como absolutos, como no exemplo:

Aristóteles e seus seguidores questionam-se sobre a natureza do corpo que cai e da maneira como os seus atributos modificam-se durante a queda. Galileu, por seu lado, abandonará tais questões para se concentrar exclusivamente na comparação das distâncias e dos tempos de queda. Newton, por sua vez, reduzirá o problema a uma relação no sistema Terra-pedra e numa síntese genial, mostrará que a relação é do mesmo tipo que a que preside ao sistema Sol-Terra. Para chegar a essa conclusão,

ele deverá eliminar uma outra limitação imposta por Aristóteles: a “necessidade” de perfeição e de incorruptibilidade atribuída ao universo que está além da Lua e, portanto, que responde a leis completamente diferentes daquelas do mundo sublunar (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 94).

Tal abandono da centração em propriedades absolutas (atributos) para o emergir de um sistema de relações e culminando numa relativização de conceitos é percebida pelos autores em todas as grandes revoluções da mecânica. Nesse sentido, os comprimentos e intervalos de tempo, antes vistos como absolutos na mecânica de Newton, serão concebidos por Albert Einstein enquanto relações, parte de um sistema mais amplo que inclui o quadro referencial do “observador” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 94).

3) Das “causas últimas” e “causas concorrentes” a uma dinâmica de dependências funcionais e sistemas de transformação

A despeito desse terceiro aspecto estar relacionado ao ponto descrito anteriormente, os autores atestam que não se trata de uma consequência imediata. Nesse sentido, a passagem dos atributos às relações envolve a identificação e quantificação de parâmetros, mas agora é introduzida a concepção de “relação funcional” entre os parâmetros que descrevem o movimento dos corpos.

Tal mudança supõe primeiramente a percepção da variável “tempo” como independente – Galileu seria o primeiro a assumir isso – e, posteriormente, a definição de força como função dos parâmetros independentes de espaço e tempo – mérito atribuído a Newton – além da introdução da percepção da mecânica na qualidade de “problemas de condições iniciais”.

A mudança de foco de uma busca das “causas últimas” para o advento da estruturação dos “sistemas de transformações” configurou uma evolução significativa na história do estudo dos movimentos dos corpos, transformando-se numa das bases mais consistentes no processo de transformação da mecânica ocorrido no século XVII, motivando assim uma intensa reformulação da percepção das relações entre matemática e física (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 96).

2.5.2. Os mecanismos de passagem na Psicogênese

A psicogênese do *impetus*

No campo da psicogênese, Piaget e García apontam que o problema geral reside em reconhecer os “mecanismos funcionais”, comuns também à história da ciência, responsáveis pela transição entre os níveis de conhecimento. Tal busca deve acontecer de forma independente da relevância desses conhecimentos, tendo em vista que se tratam de processos formadores que influenciam cada nova construção cognitiva.

Nesse sentido, quando se considera uma disciplina científica já estabelecida (como a Física desde Galileu e Newton), não há razão em procurar correspondência de conteúdos entre seus conceitos e os que se constroem no desenvolvimento da psicogênese, dado que, a despeito do papel importante desempenhado na evolução cognitiva do sujeito, não dispõem até este momento de nenhuma característica teórica do pensamento científico formal. Por outro lado, no caso das concepções de natureza pré-científicas, compreendidas entre o advento da mecânica aristotélica até Newton, encontra um campo significativamente útil a título de “comparações instrutivas com as construções cognitivas específicas da psicogênese” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 97).

O processo de estruturação que leva à teoria do *impetus* é apresentado como exemplo característico nessa busca pelo paralelo entre conteúdos. Acerca do percurso histórico relacionado a esse conceito, os autores distinguem quatro grandes períodos:

- 1) Um período inicial caracterizado pela teoria aristotélica dos dois motores que admite, além da causa exterior do movimento, uma força endógena do móvel;
- 2) Um segundo período em que o motor interno já não é invocado no sentido precedente e no qual a única causa do movimento é uma força motriz global, sem a distinção daquilo em que se transformará, posteriormente, a força e o *impetus*;
- 3) Durante o período seguinte, o *impetus* ou “impulso” procede da força e produz movimento, ocupando assim uma posição causal intermediária e necessária;
- 4) Finalmente, o *impetus* é o resultado do movimento causado pela força e tende acima traduzir-se, cedo ou tarde, pela aceleração (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 98).

Piaget e García destacam que, na evolução da psicogênese, são encontrados equivalentes para cada um desses quatro períodos. Acerca disso, destacam ainda que as crianças apresentam de forma espontânea uma concepção peculiar do termo impulso (obtido do vocabulário do adulto) como remetendo a percepção do *impetus*.

Para os autores, convém salientar inclusive que, embora existam convergências a serem caracterizadas entre os conteúdos pertencentes à história da ciência e construções no

plano da psicogênese, a correspondência é estabelecida entre produtos cognitivos que ocupam níveis hierárquicos do pensamento com diferenças relevantes. Segundo eles:

[...] para solucionar os problemas que formula o teórico recorre a noções, inferências ou operações claramente “tematizadas”, ou seja, transformadas em objetos de pensamento, e de um pensamento manifestadamente reflexivo, uma vez que existe pesquisa teórica (o que não impede de utilizar, a título instrumental, processos operatórios ainda não tematizados, mas que o serão pelos seus seguidores). Além disso, a sua reflexão está constantemente dependente de trabalhos anteriores [...] A criança, por sua vez, não costuma formular as questões que lhes apresentamos ou, se o faz, é momentaneamente e sem intenção reflexiva (as teorias começam apenas na adolescência). As suas respostas aos nossos problemas vêm, por um esforço de tomada de consciência, das interpretações implícitas que teve durante as suas ações. Mas essas interpretações existem, já que para produzir, prever ou explicar movimentos, é necessário estruturar-lhes os diversos aspectos e conferir-lhes significados (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 99).

Nesse sentido, o paralelo entre a história do *impetus* e a sua psicogênese consiste no estabelecimento de uma comparação entre dois desenvolvimentos localizados em campos muito distintos que entretanto podem apresentar suas relações de forma compreensível em termos de uma “lei fundamental das construções cognitivas”. Tal fato encontra embasamento na percepção de que essas construções, em ambos os campos, não se sucedem de forma linear mas sim de forma que haja uma reconstrução, nível após nível, dos conteúdos precedentes, integrando os que seguem. Dessa forma, as compreensões elaboradas num nível cognitivo mais elevado, ainda que construídas por um cientista, sustentam-se numa subestrutura de ações da qual tiram a sua essência e ampliam-na; de forma que qualquer reflexão acontece por meio da reorganização de conteúdos dos níveis inferiores acendendo até os “esquemas de ação”. Acerca disso, os autores acrescentam:

Ora, tudo o que diz respeito ao movimento e à força, incluindo em particular o “impulso” de que falam as crianças (em função da sua própria velocidade ou da velocidade dos veículos ou móveis que podem utilizar), suscita a formação de esquemas que constituem a subestrutura do pensamento em relação a essas noções: temos, assim, um ponto de partida comum a todos os sujeitos seja qual for o seu nível intelectual, não existindo qualquer inverossimilhança em encontrar correspondências entre o desenvolvimento desses esquemas e o das próprias ideias reflexivas, mesmo se estas ultrapassam amplamente aqueles. É exatamente este o caso, porque, como já vimos, a reconstrução etapa por etapa conduz sempre a novas reconstruções, expandindo os conteúdos e enriquecendo as estruturas. Porém, essas novidades são o produto de mecanismos que se repetem funcionalmente, de modo que, se as nossas hipóteses são exatas, o que ocorre no plano superior da história científica do *impetus* não procede de uma simples transposição, em linguagem de teorias reflexivas, daquilo que foi elaborado nos níveis elementares, mas de um mecanismo análogo de formação que une entre si as quatro etapas das interpretações reflexivas do movimento, assim como uniu aos estádios inferiores os quatro níveis da interpretação prática e em parte representativa, do movimento e das suas causas, tal como foram concebidos desde a infância (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 101).

Por outro lado, Piaget e García atestam que as dificuldades na tomada de consciência poderiam suscitar repetidas dificuldades e atrasos no que diz respeito à construção reflexiva de uma noção e sua efetiva aplicação. Tal fato, para eles, ratifica como “natural e explicável” observar analogias entre os níveis/etapas da história e as construções da psicogênese em sujeitos regulares. E, em busca por essas correspondências entre os campos, os autores descrevem níveis análogos observados por eles utilizando como exemplo, primeiramente, a psicogênese do *impetus* (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 102).

No **nível inicial**, caracterizado pela teoria aristotélica dos dois motores (interno/externo), o paralelo com a psicogênese é elucidativo ao evidenciar a qualidade tardia da percepção da diferença entre os seres vivos e os “elementos não organizados”. Nesse sentido, o caráter geral do motor interno é inequívoco no raciocínio de Aristóteles para o qual qualquer movimento era associado a um “fim biomórfico” comparável aos níveis elementares do pensamento. No caso das crianças, os autores apontam que a invocação do motor interno é tão longa que um número significativo de indivíduos recorrem a ele ao explicar o movimento do vento como produzido pelas árvores que balançam ou pelas próprias nuvens que se moveriam de forma espontânea (fato que oportuniza a elaboração do esquema da antiperístase).

A necessidade de contato com um motor externo encontra na psicogênese as mesmas duas razões determinantes para a percepção aristotélica do movimento: a rejeição a priori de qualquer movimento inercial e a teoria do lugar próprio. Acerca disso, os autores argumentam:

[...] ambas as razões encontram-se mais ou menos formuladas pelas crianças e atingem, o que é notável, uma antiperístase frequente e bastante sistemática. No que se refere à ausência do conceito de inércia, é natural que o movimento retilíneo deva parar após uma frenagem, ou simplesmente após a perda de impulso ou “fadiga” do móvel. Mas quando é contínuo e aparentemente sem impulso inicial, como no caso das nuvens, o sujeito dirá muitas vezes que a nuvem é arrastada pelo vento que ela começou a provocar ligeiramente graças a uma pequena deslocação: daí uma “reação do ambiente” que adquire um poder relativamente grande [...] Em relação ao lugar próprio, é evidente que o lugar das pedras é no solo e o da fumaça “no ar”, sem relatividade dos pesos em relação a este último. Mas é interessante citar algumas afirmações espontâneas: um sujeito de 8;7²⁰ diz, sem que lhe perguntem a razão da descida de uma bola de gude: “Se a colocarmos aqui (partida), é necessário que ela tenha um fim para onde ir sempre, ela deve ter o seu lugar natural” [...] (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 103-104).

Na sequência, uma **segunda fase** é denotada pela supressão do motor interno, tornando o motor externo mais expressivo, tendo em vista envolver em torno de si vários

20 Notação utilizada pelos autores para representar a idade do sujeito; nesse caso: 8 anos e 7 meses.

aspectos correspondentes ao impulso sofrido, à força realizada pelo agente, às velocidades atingidas, bem como às massas e aos espaços percorridos. Para exemplificar essa etapa, os autores recorrem a uma situação experimental que possibilitaria uma evidente diferenciação dessa fase intermediária entre as fases I e III:

Na fase I os sujeitos ainda fazem intervir o motor interno: quando a bola de gude ativa choca com o bloco, este permanece imóvel, mas a bola de gude que está do outro lado parte sozinha por uma espécie de contágio e com a sua própria força; ou ainda, no caso da fila de bolas de gude, a bola ativa passa por detrás das outras sem ser vista e vem empurrar a primeira, fica no lugar desta depois de sua partida, ou volta ao seu lugar, etc. Na fase III, o sujeito dirá que a bola de gude ativa, graças a sua força, deu um “impulso” que passa “através” das intermediárias, provocando o movimento da bola de gude passiva. Mas entre as duas fases, durante o período II, o motor interno é eliminado, o *impetus* intermediário não está ainda diferenciado e a bola de gude ativa é a origem de uma “ação global” que se apresenta do seguinte modo: a) Há primeiro um impulso $p=mv$ dependendo da velocidade v e do peso m . b) Esse movimento v é transferido para o objeto tocado (bloco ou primeira bola de gude passiva), mas c) este comporta também um peso m' que resiste, daí a cessação de movimento da bola de gude ativa. Notemos a este propósito que essa resistência é concebida como devendo ser subtraída à ação da bola de gude motora, como em Filopono, e que a questão não é de proporcionalidades. d) Em contrapartida, quando o objeto tocado recebe o impulso deve avançar, pois esse impulso $p = mv$ é, indissociável de um caminho percorrido no seio da ação global mve . Ora, isto é contrário aos observáveis, uma vez que o bloco ou as bolas de gude passivas intermediárias permanecem imóveis; mas o complexo mve é tão resistente no seu caráter indiferenciado que o sujeito crê “ver” mexer esses intermediários que, de fato, permanecem no mesmo lugar e, se pedimos à criança para manter o bloco imóvel com o dedo, ela afirma que “sentiu” uma translação. e) Esse impulso com supostas deslocações repete-se sucessivamente até a última bola de gude passiva, que parte sozinha, já que mais nada lhe resiste (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 105-106).

Dessa forma, a chamada “ação global” mve^{21} impede o que os autores definem como as “transmissões mediatas”, tendo em vista que essas dão lugar a uma sequência de “transmissões imediatas”, com translações hipoteticamente sequenciais.

A **terceira etapa** se distingue da anterior tendo em vista que nesta o “impulso” é agora percebido como “intermediário”, por exemplo, entre o lançamento da primeira bola de gude (ativa) e o movimento da última passiva. Não se trata, entretanto, de “impulso” apenas um recurso verbal, tendo em vista que esse intermediário manifesta nesse ponto a capacidade de “atravessar” os móveis envolvidos no movimento descrito. Em síntese, trata-se de um intermediário causal inexorável entre lançamento e movimento proporcionado.

Nesse sentido a comparação nesta fase ocorre com o *impetus* de Buridan, o qual consistia no “intermediário indispensável” entre a força do motor externo e as translações decorrentes de seu lançamento. Há analogia ainda em relação à ideia de uma “ação

21 Acrônimo das grandezas físicas: massa, velocidade e espaço.

cumulativa” de *impetus* adicionados, no sentido de que a interpretação de Buridan dos casos de acelerações observados assumia que, no caso da força continuar a agir, há uma somatória dos *impetus* sucessivos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 107).

No caso da sequência de bolas de gude, em que não há nenhuma aceleração, os sujeitos pertencentes ao nível III, por vezes, defendem que cada “impulso” transmitido entre uma bolinha e sua consecutiva soma-se aos impulsos anteriores, culminando que a derradeira bola de gude receberá um impulso total maior que o que foi fornecido à primeira a ser atingida.

Os autores apresentam a percepção de alguns sujeitos nessa fase da psicogênese:

Aug (8; 0) diz que a bola de gude ativa dá um “golpe de impulso” que se transmite de uma bola de gude a seguinte e ele pensa primeiro num efeito cumulativo, “esta empurra as outras cada vez mais depressa”, depois pensa que os impulsos inicial e final são iguais (o impulso “é igual”); por fim, ele hesita a respeito do que ocorre ao aumentar a fila, portanto, as resistências: com mais bolas de gude “a força aumenta”, ou, pelo contrário, “diminui”. Dan (8; 4) diz também que a bola ativa “enviou o seu impulso” para a primeira que “deu o impulso diretamente a segunda”, etc., e conclui que o impulso “provoca uma corrente”. Per (7; 8) fala em “empurrões” que dão sempre mais força para empurrar a última (efeito cumulativo), mas essa força “entra na bola de gude, depois atravessa esta, depois esta, e depois...” (etc.). Web (8; 4) prevê que “o impulso vai atravessar as bolas de gude” (mas, em seguida, volta a uma explicação pela antiperístase!). Ric (8; 4) crê que “o impulso dado” enfraquecera com as resistências, mas, em seguida, julga-o constante (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 108).

A partir de exemplos como do excerto, Piaget e García observam a generalidade da noção de um intermediário necessário entre o motor externo e o movimento dos móveis passivos e notam ainda que, embora alguns desses sujeitos acreditem (como Buridan), que os *impetus* se somam no caso de aceleração ou enfraquecem em virtude das resistências, outros vão concordar com Oresme, compreendendo que é possível descrever a situação em termos de um tipo de “dispêndio” (análogo à percepção moderna da noção de gasto de energia), como no exemplo: “Mon (12;8), ao comparar a primeira e a última das bolas de gude passivas, diz que elas recebem ‘o mesmo impulso, talvez um pouco menos (no final) porque as outras guardam (= retêm) um pouco do impulso com o choque’” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 108).

Por fim, uma **quarta etapa** é caracterizada por uma reversão da perspectiva da fase III. Nesse ponto o impulso não é mais a causa do movimento e, conseqüentemente, da sua velocidade, mas sim um resultado dela; agora a percepção é de que o impulso deriva (resulta) de um aspecto da velocidade que tenderia à noção de aceleração.

Nesse sentido, os autores encontram, nas falas de sujeitos por volta dos doze anos, elementos que caracterizam o aspecto crucial desta etapa terminal que consiste na percepção/explicação de um conceito próximo ao de aceleração, e na distinção entre “impulso” e “movimento enquanto velocidade”, sendo o primeiro não mais que o aumento do segundo, prescindindo assim do papel de fator causal externo que produz o movimento. Alguns exemplos apresentados:

[...] “é a velocidade, e como a velocidade é sempre maior, porque elas (as bolas de gude alinhadas) transmitem-na, há mais impulso” (Ogi, 11;11). “A força se transmite de bola de gude em bola de gude. - De onde ela vem? - Da diferença de nível (o plano inclinado que acompanha a bola de gude ativa) e assim ela ganha impulso, velocidade. - Pode-se distinguir? - A força acentua-se com a velocidade, o impulso e o ponto de partida (ele mostra o plano inclinado) da velocidade, a velocidade transmite a força e o impulso automático. - Por onde? - No eixo da bola de gude” (Bia, 15 anos). Numa outra experiência em que uma bola de gude choca em outras bolas de gude suspensas na mesma haste horizontal e em que a criança indica de diversas maneiras as respectivas variações de velocidade e impulso, os sujeitos desse estádio, apesar de um vocabulário incerto, são unânimes em notar e ver as acelerações como fator decisivo: para Tri (12;2), a força depende do peso (“Quanto mais pesada, mais força tem”), mas ela aumenta também “conforme a velocidade que tem: o impulso. Quanto maior o impulso, maior é a força”. Gil (13;0) vê uma aceleração muito regular e fala em termos de impulso como de velocidade: “De onde ela tira este impulso? - Quanto mais ela desce, mais rápido vai. - É a velocidade que lhe dá o impulso? - (Sim) ou o impulso que lhe dá velocidade! Se não há velocidade, não há impulso, e se não há impulso, não há velocidade”. Entretanto, o impulso é necessário “porque não se pode partir imediatamente de uma só vez”: ele confunde-se, portanto, com aceleração, enquanto a força supõe, além da aceleração, aquilo que ele chama de peso (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 109-110).

Assim sendo, um aspecto essencial do processo finalizado nessa última etapa é intimamente ligado a um “esforço de quantificação”, mesmo que não recorrendo a uma métrica específica e sim a avaliações acerca de, por exemplo, intervalos de espaço crescentes para tempos iguais numa descida, culminando num “crescimento quantificado” da velocidade, o que permite caracterizar relações, ainda não bem elaboradas verbalmente, entre impulso e movimento. Por sua vez, quanto à grandeza força os autores argumentam:

[...] ela é função dessa aceleração, mas também da massa chamada peso. Mesmo na ausência de um sistema reflexivo de conceitos consolidados numa teoria propriamente dita, estamos em presença de todos os elementos que seriam necessários enquanto conteúdos para a sua elaboração: o que falta é apenas uma organização e uma sistematização suficientes (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 110).

Na sequência, Piaget e García buscam diferenciar o modo de construção que caracteriza as quatro etapas descritas da psicogênese do *impetus*, tendo em vista compará-la à estruturação das teorias reflexivas na história. Segundo eles, esse modo de construção poderia ser reduzido a dois processos básicos: o primeiro deles, ocorre no decorrer das fases de I a III,

nas quais há uma “diferenciação gradual das variáveis” que procede dos esforços empreendidos em estabelecer correspondências entre variáveis, bem como na correção das que se mostram equivocadas; o segundo processo é caracterizado pelo que os autores definem como a “integração quantificante” que ocorre durante a fase IV, de componentes cuja diferenciação implica criação de uma estrutura reformulada (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 111).

Nesse sentido, a fase I é marcada por um “máximo de indiferenciação” em decorrência de correspondências insustentáveis acerca da relação entre os “corpos vivos e inertes”. Uma “reflexão dos esquemas da ação específica no nível da conceitualização” é responsável pela representação do movimento por meio da ação de deslocar objetos com as mãos ou mesmo em movimentos corporais distintos. Tal reflexão desencadeia, portanto, diversas outras correspondências que buscam ligar as ações dos objetos às ações do sujeito.

Disso decorre a percepção de que qualquer movimento tem um fim, e tal fato presume uma atividade interna dos corpos, tendo a força, de acordo com o modelo aristotélico, como uma consequência desse itinerário e não apenas de um impulso; desse ponto, portanto, os autores destacam essa espécie de “biomorfismo generalizado” que se expressa nessa dualidade dos motores externo e interno.

Na fase II ocorreria a primeira diferenciação importante com a reelaboração de correspondências estabelecidas no nível anterior e a consequente eliminação do motor interno. Segundo os autores, o mecanismo de tais “correções diferenciadoras” decorre das correspondências mais rigorosas entre os movimentos e demais aspectos envolvidos (condições, resultados etc.). Ao observar, por exemplo, o experimento das bolas de gude separadas por um bloco, e se deparar com a situação de a primeira bola se chocar com o bloco e, na sequência, a bola de gude do outro lado passar a se mover, o sujeito nessa fase já não afirmará que o bloco é substituído por um outro intermediário ou que a segunda bola parte espontaneamente, entretanto tal correlação é concebida como uma dependência (“função”); disso decorre a percepção de que o bloco deveria ter sido “agitado” e que para a explicação do movimento não seria mais necessário a existência de um motor interno. O motor externo, dessa forma, passa a incorporar as correções e diferenciações que suplantaram o motor interno, tornando-se o detentor de “todos os poderes”, ocupando o papel de agente central do “complexo indiferenciado” que os autores descreveram como “ação global” *mve* (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 112).

Prosseguindo, na fase III as diferenciações específicas alcançam o seu ápice antes da integração necessária à fase ulterior, de tal forma que, nesse ponto, o sujeito é capaz de diferenciar a velocidade do impulso e este da força. Nesse caso, se o sujeito admite uma relação causal geral (o impulso sendo causado pela força e provocando o movimento / velocidade), tal raciocínio implicará na necessidade de precisar as variações (sem ainda recorrer às medidas).

Nesse ponto, ainda sem estabilidade, os autores destacam que encontram, em indivíduos pesquisados, combinações entre “máximos” de impulso em momentos distintos (“no início, no meio e no fim”), bem como máximos igualmente conflitantes para a velocidade, sem aparente relação proporcional ou inversamente proporcional entre eles. Em relação à força, ela dependeria dos planos inclinados, dessa constatação emerge uma relação com o impulso e com as massas. Nesse sentido, apenas as massas variam de forma que o “peso” deve ser menor de acordo com o aumento das velocidades e maior no instante dos impulsos. Sendo assim, eles constatam que, se existe de fato uma evolução perceptível na “diferenciação das variáveis ou fatores”, tal aspecto ainda não se encontra sedimentado num “sistema estável” em virtude da ausência ainda de um rigor adequado de quantificações (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 113).

Um relativo equilíbrio é atingido na fase IV, provocado por um tipo de “integração quantitativa” (certa quantificação mais evidente embora ainda sem recorrer a medidas) cuja síntese não ultrapassa a percepção de funções (crescentes/decrescentes). Tal percepção surge para os autores a partir de duas constatações: primeiramente emerge a “descoberta empírica da aceleração” nos experimentos envolvendo planos inclinados (distâncias maiores para mesmos intervalos de tempo / tempos menores para distâncias iguais). Essa aceleração, ao mesmo tempo que confundida com o próprio impulso, possibilita reunir este com a velocidade. Nesse sentido, eles encontram indivíduos de cerca de doze anos que se referem a “velocidades crescentes correspondendo a um impulso considerado constante enquanto aumento uniforme da velocidade” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p.114).

Acompanhando essa estruturação, a segunda constatação apontada diz respeito à formação de três tipos de conservação. A primeira diz respeito à conservação do peso, que deixa de variar com o impulso ou com a velocidade. A segunda diz respeito a uma possível conservação de algo próximo à quantidade de movimento ou à energia cinética (no caso da sequência de bolas de gude, a transmissão do movimento é percebida como plenamente

interna, sem translações hipotéticas, o que afastaria efeitos cumulativos ou dissipações). A última se refere a alturas iguais de partida e chegada em pistas de descida e subida simétricas.

Nesse sentido, Piaget e García destacam que, nas fases de I a III, as diferenciações provocadas pelo aperfeiçoamento das correspondências implicam na elaboração de novas estruturas necessárias à integração coerente dos aspectos diferenciados. No entanto, tais estruturas não são mais apenas consequência das correspondências, pois envolvem inclusive a ação de “operações quantificantes, ao mesmo tempo transformantes e conservantes”, cuja formação é conhecida nos sujeitos de onze/doze anos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 114).

Por fim, os autores concluem:

Se esta é a psicogênese do impulso, vemos que não há nada de inverossímil em fazer-lhe corresponder os períodos históricos no decorrer dos quais o *impetus* surgiu e alcançou uma concepção que está na origem da noção de aceleração como componente essencial da força. É certo que existe uma diferença considerável de níveis hierárquicos entre uma sucessão de teorias reflexivas e os níveis de tomada de consciência e de conceitualização elementar, de simples esquema de ação que se interiorizam em operações. Mas, em ambos os casos, o pensamento só pode trabalhar por analogias e diferenciações causadas pelas correspondências e suas afinações, depois por integrações em estruturas quantitativas causadas por transformações operatórias. Que esses mecanismos funcionais sejam precoces, mas se encontrem em seguida em todos os estádios, não significa que os cientistas, de Aristóteles ao período pré-newtoniano, tenham buscado as suas ideias no seu inconsciente infantil, caso contrário teria havido prolongamento imediato e não semelhante de processos construtivos: essa semelhança prova, pelo contrário, e isto é muito mais instrutivo, que, etapa por etapa, o funcionamento da inteligência permanece o mesmo e deve constantemente reconstruir para superar, pois o progresso do saber não consiste em simples adições, mas em reorganizações que condicionam as criações. Entretanto, o que parece misterioso quanto a esse problema do *impetus*, é a aceleração considerável que manifesta a sucessão de estádios na criança em relação a dos períodos da história. A razão disso está relacionada, seguramente, com o meio social adulto, cuja ação contínua se traduz por múltiplas incitações e por problemas que se renovam constantemente. Mas isto não significa de modo algum que as reações da criança lhe tenham sido ditadas pela simples aprendizagem: que o ambiente intelectual leve-a a quantificação só levanta novas questões e cabe ao sujeito construir os seus instrumentos de solução em cada novo caso particular (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 115).

2.6. Os Mecanismos comuns na Estruturação do Conhecimento

Antes de avançarmos, entendemos ser relevante, neste ponto de nossa argumentação, trazermos outro interessante trecho da fala de Rolando García na conferência “*História do pensamento científico e psicogênese*” (1981), no qual o autor faz breve diferenciação dos termos utilizados por ele e por Piaget nessa formulação do problema da relação entre história da ciência e psicogênese:

[...] eu vou sustentar que, de uma forma ou de outra, nós estamos analisando um único problema: o desenvolvimento do conhecimento. E nós analisamos isso em diferentes estágios. Se você tem uma linha como essa para o conhecimento, nós podemos ver como vamos de um estágio para o outro em períodos que correspondem à infância, em períodos que podem corresponder a outros não-sofisticados e em períodos que correspondem à Ciência.

Temos diferentes ferramentas para fazer isso; temos diferentes procedimentos para fazer isso; podemos usar experimentos, assim como foi dito no início, em um caso, podemos não realizar experimentos em outro caso; nós temos documentos em um caso e temos apenas interrogatórios em outro caso; mas o alvo é o mesmo, o objetivo é o mesmo e, para minha grande surpresa, os resultados parecem muito similares. E isso é, talvez, o ponto central do que eu quero dizer.

Deixe-me dizer que, para mim, a formulação do problema da relação entre psicogênese e história da ciência tem que ser reafirmado novamente de forma que o método que eu utilize seja o seguinte: tomemos como isso se desenvolve historicamente, mesmo em Piaget, é claro que a psicogênese se desenvolve muito mais e muito mais longe, e a maior parte do que sabemos agora sobre epistemologia genética é baseada em pesquisas psicogenéticas. Então, o que as pesquisas psicogenéticas nos ensinam?

Eu gostaria de fazer um esquema de quais são as principais características do sistema epistemológico de acordo com a Teoria da Epistemologia Genética [...] [obs: escreve no quadro].

Nós temos que considerar alguns pontos. Eu vou nomear esses pontos e espero que o argumento se sobreponha aos nomes. O que eu chamo “instrumentos”, vocês podem chamar de “ferramentas”; o que eu chamo de “mecanismos”, vocês podem chamar de “instrumentos”; e assim por diante [...] Eu não me importo muito com discussões semânticas.

Primeiramente eu direi que a epistemologia genética começa com algumas fontes de conhecimento; e as fontes são duas: assimilação e acomodação. Se você os chama de “fontes” ou não, eu não me importo.

Em seguida, nós temos alguns instrumentos (algo que nós podemos chamar de instrumentos). Deixe-me dizer que essa terminologia foi acordada com Piaget no último momento de sua vida. Era questão de escrever as conclusões. Também encontramos a necessidade de fazer uma revisão sistemática do que foi feito e ele concordou com essas terminologias, então eu tenho algumas razões para colocar isso no quadro sem reservas. Os instrumentos são, novamente, dois: abstrações e generalizações.

Em seguida, temos algo que quero chamar processos (isso é um pouco mais vago, mais recente na epistemologia genética). Existe um primeiro processo que chamarei de “busca por razões”. O segundo indica o processo que vai “da possibilidade à necessidade”. Outro processo é a tentativa de equilíbrio entre diferenciação e integração. E um quarto é um processo chamado “tematização”. Podem haver outros, talvez muitos outros.

Finalmente, algo que nós queríamos chamar “mecanismos”. E esses mecanismos, não são os únicos que levam à ideia geral de equilíbrio que é o núcleo, e o ponto culminante da Epistemologia Genética em minha opinião [...] Nós encontramos três mecanismos que nós queríamos batizar com o nome tríptico “*intra-inter-trans*”, os três níveis da equilíbrio (mais ou menos o núcleo central da Teoria).

Quer você goste ou não deste esquema, aceitando essas terminologias ou não, esses são os tipos gerais de problemas e o tipo geral de informações que nós conseguimos na Teoria Epistemológica acerca de como, no sistema cognitivo, esses muitos aspectos funcionam e como você consegue, finalmente, o desenvolvimento do sistema cognitivo através deste tipo de mecanismos gerais (podemos chamar isso tudo de mecanismos gerais).

Agora, para mim, o problema de colocar juntos psicogênese e história da Ciência não é, absolutamente, o problema de encontrar um paralelismo (não me importo com

isso), mas observar que na História da Ciência nós encontramos que de fato esses instrumentos de abstração e generalização trabalham, que de fato esses processos ocorrem, que de fato esses mecanismos estão em ação, que de fato nós encontramos esses estágios de equilíbrio ao longo da história e não como um processo contínuo de pequenas mudanças adicionadas às anteriores por acumulação (há algo diferente!).

Então, quando fornecemos um exemplo que parece similar [...] um exemplo na criança; eu vou repetir – e me desculpem por fazê-lo – que não é a analogia do exemplo que é importante mas o que há por trás disso (GARCÍA, 1982b).

Um elemento a destacar nesse trecho da argumentação de García é que, apesar de assumir certa indiferença em relação a uma preocupação semântica, interessante notar – e isso deve ter implicações relevantes em nossa narrativa – o fato de a terminologia apontada por García em sua fala (e que mais a frente comporia a argumentação dos autores em “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*”) – ter sido, como dito, “acordada com Piaget”. Na escrita dos autores, acreditamos encontrar o termo “mecanismos” aplicado a sentidos amplos – o que reforça o exposto anteriormente de que, para García, “*Piaget era muito mais claro em discussões do que escrevendo*” –, entretanto, sua fala pode nos servir de guia para uma descrição mais coerente do pensamento dos autores.

2.6.1. A pseudonecessidade

O primeiro elemento comum que liga o que é exposto no período histórico da Mecânica aos processos inerentes da psicogênese está atrelado ao que é definido pelos autores no texto como uma primeira “forma de reação cognitiva” chamada “*pseudonecessidade*”. Trata-se, como dito, de um processo comum à psicogênese e também à história do pensamento de natureza pré-científica que desempenha papel de “barreira”, de forma que o mecanismo construtivo correspondente consista numa superação, breve ou tardia, de tais *pseudonecessidades*.

A respeito desta, Piaget e García (2011, p. 116) argumentam ainda que, embora tenha como consequência apontar para conceitualizações, tal primeira forma de reação cognitiva constitui somente um “mecanismo” e não um “conteúdo” epistêmico.

De forma mais precisa, os autores destacam:

[...] a *pseudonecessidade* constitui a fase elementar de indiferenciação de um processo geral de diferenciação e de coordenação correlativas entre o possível, o real e o necessário. Em um nível elevado do pensamento, quando este tem por objeto as transformações e não mais os únicos predicados ou as simples relações aparecerá uma transformação real como a atualização de uma das transformações possíveis no seio de um sistema cujas composições apresentam um caráter de necessidade lógica.

Mas essa situação final é o produto de um longo processo de diferenciações e integrações cujo ponto de partida é caracterizado por um estado de indiferenciação no qual uma forma e um movimento observáveis aparecem ao sujeito como os únicos possíveis e, portanto, como necessários; assim é a “pseudonecessidade”, resultado de indiferenciações iniciais entre o geral e o necessário, entre o factual e o normativo (se o objeto x é tal como é, é porque “deve” ser assim) ou ainda entre as “boas formas” perceptivas (retas ou círculos, etc.) e aquelas consideradas como as únicas racionalmente inteligíveis, etc. (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 116).

Em relação aos efeitos da *pseudonecessidade*, os autores destacam especialmente a influência exercida no que diz respeito à leitura dos dados empíricos e à formação das teorias, desempenhando papel limitador quanto àquilo que se observa e quanto às generalizações extraídas nesse processo. O exemplo evocado a fim de evidenciar esse papel refere-se, primeiramente no que diz respeito à história da ciência, ao conjunto de ideias de Aristóteles do qual, de acordo com os autores, não resta nada em sua teoria senão a sua lógica coerente e a sua intenção de natureza empírica em se basear em fatos observados. Como visto, no entanto, tais fatos são deformados por sua *pseudonecessidade* de maneira que as generalizações postuladas se tornam logicamente incontestáveis, ao mesmo tempo que equivocadas quanto ao seu conteúdo.

Acerca desse aspecto, encontramos outro interessante comentário de Rolando García (1982b) na conferência realizada no CIEG:

Eu vou te dar um exemplo muito elementar: todos sabem que Aristóteles, a fim de explicar qual era a trajetória de algum objeto quando lançado, acreditava que quando jogava alguma coisa ele se movia assim (obs: traça uma linha no quadro), até que as forças iniciais se exauriam e o objeto caía na terra (obs: traça outra linha)²².

Estranho agora, mas encontramos muitas crianças respondendo da mesma forma. O ponto importante não é que ambas as respostas são iguais; e é claro que a conclusão não pode ser que Aristóteles tinha a mente de uma criança de 5 ou 6 anos (ou, como me disseram uma vez, que Aristóteles era pré-operacional); o ponto importante é: por que em ambos (na história da ciência e na mente da criança) encontramos respostas como essa? Qual é a razão por trás disso? Qual é o mecanismo que uma mente como a de Aristóteles (uma das maiores mentes de toda a história, sem nenhuma dúvida!) responderia dessa forma? Por que Aristóteles que, ao contrário do que pensávamos quando a minha geração aprendeu história da ciência (nos disseram naquela época que a diferença entre a ciência aristotélica e a ciência da idade média e a ciência moderna – a ciência que começou no século XVII – era uma diferença de “observação” em experimentos; os povos antigos não pesquisam o mundo, apenas falam sobre o mundo).

Mas sobre Galileu era dito, por exemplo: “saímos e fazemos experimentos, e observamos”. Nós sabemos hoje que isso está completamente errado; que Aristóteles era muito melhor observador que Galileu; que muitos dos experimentos atribuídos a Galileu, ele nunca realizou; que Aristóteles, em comparação, foi muito bom observador da natureza.

Então a diferença entre a pré-ciência revolucionária e a pós-ciência revolucionária não era observação. Mas isso é exatamente na linha de pensamento da

22 Pelo áudio da conferência e pelo contexto da argumentação, acreditamos que Dr. García traça duas linhas retas (uma horizontal e outra vertical) ao descrever a trajetória aristotélica do movimento do projétil.

Epistemologia Genética, porque a Epistemologia Genética explicará por qual motivo uma trajetória assim [trajetória aristotélica] que nunca fora observada, que ninguém havia observado, que é muito fácil demonstrar que quando eu lanço um objeto ele faz algo como isso [trajetória parabólica] e não assim [como a linha anterior]²³. Entretanto, por que, ao contrário das evidências dos sentidos, você poderia manter algo do tipo?

Todos os argumentos fornecidos pela Psicogênese contra o Empirismo, contra a Teoria Empirista do Conhecimento, você também pode descobrir que a história da ciência tem exatamente os mesmos tipos de provas contra o empirismo (“Isso nunca viria pela observação; isso nunca viria pela percepção”).

Novamente, tentamos descobrir se existe algum tipo de informação que obtemos da Epistemologia Genética e se isso se aplica ou não na história da ciência. E nós encontramos que isso é um belo exemplo do que Piaget chamou de “pseudonecessidade”.

Por que Aristóteles pensou que a trajetória poderia ser dessa forma? Porque a observação de todas as pedras caindo (e qualquer outro objeto) mostravam sempre que eles caíam na direção vertical. Eu não vou detalhar, mas é bem claro mostrar que, em todo o raciocínio na interpretação das evidências empíricas a respeito de Aristóteles segue essa regra, encontrada por Piaget em Psicogênese, de que qualquer coisa que “é” dessa forma, é porque “deve” ser assim. Tudo que “é”, é porque “deve” ser. Se você aplicar esta regra simples (que tudo que “é”, “deve” ser assim), você explica o porquê em muitas das asserções, que parecem absurdas, parecem ilógicas, mas você explica o porquê ele sustentava tal coisa.

Existe um outro tipo de similaridade, que algumas vezes é tomada apenas como evidência de como Aristóteles e as crianças pensam do mesmo jeito. E essa é a explicação do porquê um objeto (obs: desenha na lousa), depois que abandona a mão continua em movimento.

Todos sabem que a teoria da antiperístase, promovida por Aristóteles (havia outras regras antes de Aristóteles, mas ele colocou de uma maneira muito mais avançada); em outras palavras, o objeto vai empurrando o ar, e o ar retorna, e empurra o objeto novamente. E isso (obs: desenha na lousa) é o movimento do ar, primeiro produzido pelo corpo e depois voltando e empurrando o corpo. Essa teoria muito antes, na antiguidade, foi mostrada como completamente errada; pessoas trouxeram inúmeras provas, provas empíricas de que essa teoria estava errada.

Uma prova simples é que se você pega uma roda, e começa a girá-la, ela continua a girar; mas não há a possibilidade de o ar ir para trás; então essa explicação não se aplica às rodas; e isso foi descoberto por Filopono e outros filósofos na Grécia. O outro exemplo era quando você estava num barco e o barco continua depois de você terminar de empurrá-lo com o remo, então você sente o vento no rosto e não nas costas; qualquer um em pé em um barco sabe disso.

Então, por exemplo, Filopono escreveu uma série de argumentos contrários a Aristóteles, e isso foi no século V, entretanto você verá que essa teoria continuará até os séculos XIV e XV praticamente inalterada. Dessa forma, o problema não é que uma criança possa responder algo similar a isso, e a criança não vai mudar seu modo de pensar até que certas coisas aconteçam em sua mente; o problema é investigar, na história da ciência, por que uma teoria que é tão obviamente errada continuaria por séculos, sendo sustentada pelas melhores mentes na Europa.

Existe toda uma consideração sobre como as teorias são construídas e como elas resistem a evidência empírica; uma espécie de análise muito contrária à ideia de Karl Popper, de que se você tem um único exemplo negativo de uma teoria, então a teoria é destruída; toda a história da ciência evidencia que não é o caso, e que os mecanismos em ação para manter uma teoria viva são muito mais complexos que essa evidência a favor ou contrária.

Então, é esse tipo de mecanismos que temos que analisar, não por causa das respostas serem similares às respostas das crianças (não nos importamos com isso!);

23 Nesse ponto, acreditamos que ele registra no quadro uma trajetória parabólica e a compara com a anterior.

mas porque quando se olha depois de algum tempo, de que forma os mais absurdos tipos de teorias, no entanto, escapam na história por séculos, mesmo com pessoas que são mais inteligentes e que consideram a pesquisa.

Esse tipo de pesquisa que deve ser feita, e essa a própria razão do porquê estamos interessados nesse tipo de respostas na história da ciência e, novamente, sem se preocupar muito com o paralelismo ou não na resposta pré-científica. Nós olhamos para similaridades nos mecanismos.

O fato de sustentarmos algo contrário à evidência empírica, é algo comum entre a criança e o homem da ciência. E além do homem da ciência, isso não é apenas na ciência pré-revolução científica, você encontra hoje teorias científicas contrárias à evidência empírica que são sustentadas, e eles reconstruem a teoria para tentar cuidar da evidência empírica, que é claramente contrária ao que a teoria sustenta.

Então, isso é a coisa importante e, portanto, nós encontramos que as razões pelas quais esse esquema não é diferente em referência às razões pelas quais uma criança colocaria uma explicação contrária ao que nós consideramos ser uma óbvia matéria de fato. Por que uma criança manteria que algo está se movendo quando obviamente não está se movendo. Algo que ela sustenta muito fortemente que vai dizer: “Não importa, se move!”; porque de outra forma ela não pode explicar o que acontece, e ela assume que está se movendo).

Isso é bem conhecido por qualquer um que trabalhou na Teoria Psicogenética, mas o ponto é que isso é conhecido agora por qualquer um que trabalha na História da Ciência (GARCÍA, 1982b).

No que diz respeito à psicogênese, o mecanismo da *pseudonecessidade* é percebido em todos os domínios e de todas as formas sendo expressa, principalmente, na dificuldade dos sujeitos de imaginar possibilidades alternativas, além daquela que é atualizada numa dada realidade. Acerca disso os autores pontuam:

Quanto às formas geométricas, um losango deixa de ser um quadrado e mesmo perceptivelmente seus lados deixam de ser considerados iguais, um triângulo escaleno deixa de ser um “verdadeiro” triângulo, etc. No que se refere à cinemática e ao predomínio dos movimentos verticais e horizontais, encontramos sempre nos jovens-sujeitos o modelo aristotélico do projétil que segue uma trajetória horizontal até um ponto superior ao seu objetivo, depois cai verticalmente sobre ele. Acrescentam-se outras invenções decorrentes da mesma *pseudonecessidade*. Quando, apoiando o dedo no canto de uma ficha, os jovens-sujeitos conseguem fazer saltá-la até uma caixa com as laterais levantadas, eles podem naturalmente perceber essa trajetória curva, mas traduzem-na da seguinte maneira: a ficha desliza sobre a mesa horizontalmente, depois, ao alcançar a caixa, lança-se verticalmente para passar por cima das laterais levantadas. No domínio causal, todas as crianças afirmam que a água dos rios corre e desce “porque ela deve ir para o lago”. Um jovem rapaz disse-nos que, se a Lua não ilumina o dia, mas somente a noite, é porque “não é ela que manda”, belo exemplo de indiferenciação entre o factual e o normativo, como em todas as cosmogonias antigas (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 118).

Piaget e García constataam, nesse sentido, a *pseudonecessidade* como um fenômeno comum nos primeiros níveis da psicogênese dos conhecimentos e que denota a “dificuldade de imaginar outros possíveis” além dos que são aceitos como verdadeiros numa determinada realidade. Constitui, portanto, a etapa de indiferenciação inaugural entre o real, o possível e o

necessário, sendo as fases posteriores caracterizadas por “aberturas de novos possíveis e a construção de novas necessidades” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 118).

Entretanto, eles destacam que como as aberturas seguintes não são predeterminadas e, portanto, carecem de novas construções, dessa forma, duas consequências emergem: a primeira, se refere ao fato de que as *pseudonecessidades* são mais frequentes quando o conhecimento está em fase embrionária, na qual a construção dos “novos possíveis” é mais difícil em virtude da escassez de elementos para estabelecer combinações; em segundo lugar, eles atestam que em todos os níveis do pensamento científico, o desvelar de uma nova possibilidade (“novo possível”) pode ser deixado de lado em virtude das *pseudonecessidades* (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 119).

2.6.2. O mecanismo de passagem entre “Predicados - Relações - Transformações”

O segundo mecanismo destacado por Piaget e García consiste numa mudança de foco, de uma atenção restrita às qualidades (“predicados”) à consideração das relações e, posteriormente, desta à consideração das transformações. Para eles, inclusive, tal mecanismo consistia no mais importante dos mecanismos comuns à psicogênese e à história do conhecimento, correspondendo à passagem entre as etapas definidas por eles como “*intra*”, “*inter*” e “*trans*”.

Nesse sentido, eles argumentam:

No que se refere à psicogênese existe um processo extremamente geral e de natureza sequencial evidente, uma vez que para atingir as transformações é preciso passar pelas relações e covariações, e as relações mais simples só podem ser dominadas por uma análise prévia das Qualidades ou Predicados. Quanto à necessidade de passar dessa análise às relações e transformações, ela depende desse caráter fundamental do conhecimento físico de não se deduzir a uma coleção de observáveis, mas de progredir graças às atividades de um sujeito capaz de fazê-las variar subordinando-as aos sistemas endógenos das coordenações de ações (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 119).

Para os autores, a característica mais abrangente acerca dessa “lei de desenvolvimento” diz respeito à abertura para novos possíveis, no sentido de ir além daquilo que fora descrito acerca das *pseudonecessidades* ou pseudoimpossibilidades no item anterior. Nesse sentido, a formação dos possíveis em diferentes etapas da psicogênese foi investigada por meio de tarefas como: combinações livres de objetos; imaginar as formas possíveis de um objeto do qual só se vê uma pequena parte; recortar uma superfície quadrada de todos as maneiras possíveis; construir um triângulo com “pauzinhos” de todos os modos possíveis etc.

Tais situações, embora diferentes, acarretaram reações próximas em respeito à sua sequência lógica e considerando o caráter aberto dos problemas propostos, esses permitiram elucidar as razões da transição exposta na sequência “predicados => relações => transformações” tendo em vista que, especialmente quanto ao pensamento de caráter pré-científico, tal processo é precisamente dependente da abertura para novos possíveis, ao mesmo tempo que obstruído pelas *pseudonecessidades* (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 120).

A primeira etapa (*intra*) observada pelos autores diz respeito à formação gradual dos novos possíveis por meio de “sucessões analógicas” estabelecidas a partir das qualidades dos anteriores. O chamado “possível analógico” seria evidente em virtude da escassez de modificações entre as atualizações. Nesse sentido, os “novos possíveis” emergem e se acumulam, ainda que a série se torne extensa com inúmeras repetições de questões do tipo “Podemos fazer de outra forma?”. Tal etapa exprime uma condição até então tomada por *pseudonecessidades* e da qual os principais instrumentos são os “predicados qualitativos”, fatores relacionais perceptíveis ao observador mas não explícitos para os sujeitos.

Na segunda etapa (*inter*), observada por Piaget e García em sujeitos de aproximadamente 7/8 anos, há uma relevante evolução nos sujeitos que passam a antever a coexistência de inúmeros possíveis simultâneos. Esses, segundo os autores, se tornam “copossíveis”, tendo em vista que mantêm entre si relações explícitas (ex: o traçado entre dois pontos pode ser reto, curvo, sinusoidal, em zigue-zague etc.). Os primeiros copossíveis se apresentam, até então, como limitados às atualizações que os sujeitos são capazes de realizar. Por volta dos 9 anos, essas passam a ser empregadas como exemplos entre outros concebíveis que os sujeitos, entretanto, não são aptos a materializar.

Por fim, a terceira etapa corresponde ao advento de infinitas séries de possíveis dependentes de “leis de formação recorrential”. Piaget e García apontam que apenas com cerca de 11/12 anos se observa um comportamento que reconhece um possível como um “qualquer” quanto à compreensão e sem limites quanto à extensão. Dessa forma, reconhecendo infinitas possibilidades que os pequenos deslocamentos podem oferecer, os sujeitos asseguram não ser possível perceber todas as possibilidades, porém compreender uma lei recursiva como a sequência de pontos de uma linha etc. Nesse sentido, para os autores, parece evidente que os observáveis são profundamente superados em rumo a um “sistema operatório de transformações”.

2.6.3. Considerações acerca da Independência entre Metodologia e Quadro Epistêmico

Nesse ponto de sua narrativa, Piaget e García discutem uma constatação extremamente inquietante de suas análises da História das Ciências e da Psicogênese. Desde o século XVIII, período em que a Mecânica Aristotélica ainda era tida como referencial de análise das questões do mundo físico, vários pensadores como R. Bacon, Albert le Grand e R. Grosseteste se dedicaram à elaboração e construção de procedimentos metodológicos rigorosos que tratavam das condições de indução e de experimentação, assim como do método hipotético-dedutivo.

Sendo assim, os autores atestam que não são os progressos metodológicos os responsáveis pela construção da Física do século XVII (apenas mediante a substituição de dados incompletos e imprecisos de Aristóteles por novos fatos experimentais metodologicamente mais confiáveis), mas sim o advento de novas maneiras de formular os problemas a serem resolvidos, que compreende uma transformação do quadro epistêmico. Para os autores, as questões que decorrem dessa constatação e que os impelem à comparação com a Psicogênese residem primeiramente num esforço por buscar compreender o motivo pelo qual, a partir da Idade Média, uma evolução conceitual não decorreu diretamente da constituição desse quadro metodológico, bem como o que explica o fato de esta ter sido elaborada tanto tempo antes de uma aplicação rigorosa, o que eles vêm como semelhante a “uma ‘arte poética’ elaborada antes de toda a poesia” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 123).

Acerca de outro estudo realizado por Piaget em parceria com B. Inhelder (1955), no qual estes observam a indução de leis físicas simples em pré-adolescentes (entre 11 e 15 anos), os autores relatam que fora assistida a formação de uma metodologia proveniente da própria lógica dos sujeitos, e que tal metodologia não resultava da prática da experimentação e tampouco dos conhecimentos teóricos anteriores. Tal investigação os leva a ratificar a percepção de que uma metodologia pode ser elaborada a título de “lógica aplicada”, ainda que independente de um quadro epistêmico que o sujeito ainda não conheça.

Um dos exemplos apresentados diz respeito a situação em que os pesquisadores propuseram aos indivíduos que encontrassem os fatores de flexibilidade de hastes horizontais, distintas quanto a alguns fatores (quantidade de matéria, comprimento, espessura etc.), e cuja inclinação era dependente da massa dos objetos colocados em suas extremidades. Acerca dos resultados dessa investigação, os autores relatam:

No nível pré-operatório de cinco, seis anos, o sujeito limita-se a descrever o que vê, sem ordem nem método, e ao recorrer unicamente à explicações pseudonecessárias, por vezes explícitas (por exemplo, com 5; 5: “Por que tocou a água? - Por que é assim que tem que ser!”). Dos sete aos dez anos, os sujeitos indicam corretamente as funções quando o experimentador apresenta pares de efeitos fazendo variar um único fator. Em contrapartida, quando lhes pedimos para pronunciarem as variáveis que desempenham um papel efetivo, eles misturam, todos os fatores. Um sujeito de nove anos, para provar a influência da espessura fina, compara uma haste longa e fina com uma curta e grossa. Em seguida, pedimos que ele compare duas hastes com o mesmo comprimento, mas com espessuras distintas, perguntando-lhe qual das duas comparações é a mais conclusiva: ele responde sem hesitação que é a sua, porque (ao acumular as duas variáveis) as hastes “são mais diferentes”. Por volta dos dez anos, o sujeito descobre empiricamente que os efeitos de dois fatores particulares podem compensar-se, mas não terá a ideia de buscar outras compensações combinando outras formas de variações [...] no nível hipotético-dedutivo (após onze, doze anos), a situação é inteiramente modificada por uma série de novidades. Em primeiro lugar, antes de passar às experiências que lhe parecerão conclusivas, o sujeito deve fazer primeiro (por explorações e inferências combinadas) o inventário dos fatores concebidos como hipotéticos que lhe pareçam poder desempenhar um papel causal. Em seguida, ele passa aos controles e faz variar os supostos fatores um a seguir ao outro, mas, o que é notável, aplicando a regra “manter tudo igual”, ou seja, modificando uma variável de cada vez e certificando-se cuidadosamente da equivalência de cada uma das outras com as duas hastes a serem comparadas. Assim sendo, e podendo declarar explicitamente que a variação simultânea de dois fatores impede de provar qualquer coisa, o sujeito admite naturalmente a possibilidade de efeitos comutativos: “A haste que se dobra o mais possível? - Eu a escolheria redonda (de seção), fina, longa e de metal mole (flexível)”. Finalmente ele consegue realizar e explicar compensações de diversos tipos mediante combinações variadas entre os fatores analisados. Em outras experiências, em que o único fator é operante, contrariamente àqueles que seríamos levados a invocar, esses sujeitos conseguem facilmente chegar tanto às exclusões como à escolha certa: reconhecem que as frequências específicas das oscilações de um pêndulo, por exemplo, dependem apenas do comprimento da haste, excluindo o peso, a amplitude e o impulso que se pode imprimir inicialmente ao objeto suspenso (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 124).

Sendo assim, surge como evidente a percepção de que existe um rigor metodológico na prática dos sujeitos da pesquisa e, a partir disso, o desafio seria compreender, portanto, como essa metodologia é formada, tendo em vista que os indivíduos não possuíam nenhuma prática experimental anterior, bem como não haviam recebido nenhuma formação no assunto abordado.

Quanto a esse desafio, os autores destacam que:

[...] A resposta que se impõe é que, ao chegarem a construir relações proposicionais, como a conjunção, a implicação e disjunção exclusiva e não exclusiva, e sabendo raciocinar pelos seus meios acerca de simples hipóteses e imaginar a sua verdade em função de suas consequências dedutíveis com necessidade, esses sujeitos aplicam essa lógica aos problemas de fato que lhes colocamos. Além disso, essas operações dedutivas implicam um “conjunto de partes” e uma combinatória permitindo uma série de análises alheias ao único “agrupamento” de operações concretas. Em outras palavras, a sua metodologia é apenas uma lógica “aplicada” a dados experimentais (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 125).

Surge, nesse ponto, o dilema em explicar por que uma “física mais científica que a de Aristóteles” não emergiria, tanto por parte dos jovens sujeitos pesquisados, quanto da parte dos grandes lógicos e metodologistas do século XIII citados anteriormente. No que diz respeito aos pré-adolescentes, Piaget e García respondem a essa autoprovação destacando primeiramente que os problemas e desafios foram elaborados e propostos pelos investigadores. Dessa forma, a criação da questão/problema desempenha função condicionante da aplicação metodológica dos sujeitos. Por outro lado, se os problemas elaborados se referem a fatos e leis, tais questões conservam um caráter indutivo (deduções aplicadas a fatos), ao passo que, para a construção de uma ciência, a procura dos significados epistêmicos (busca pelas “razões”) constitui o fator essencial. Em vista disso, os autores argumentam que ao dedicar seu foco a questões causais, os sujeitos podem alcançar modelos válidos (em nível de ações ou de conceitualizações), sem entretanto buscar a construção de um “sistema geral” (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 126).

Em relação aos metodologistas da idade média e, inclusive quanto à lógica construída por Aristóteles, de acordo com os autores, o problema é mais abrangente:

[...] se acabamos de considerar a metodologia como “lógica aplicada”, apenas podemos interpretar psicologicamente as expressões causais fundadas em operações do sujeito, mas, nesse caso, “atribuídas” aos objetos e às suas interações materiais, parecendo fácil a passagem da aplicação à atribuição. Ora, não é assim por razões que nos levam às relações do real com o possível e o necessário. [...] Se o real consiste a princípio em observáveis diretamente captados pela percepção, cada um pensa conhecê-lo, e, quando um fato se repete com alguma generalidade, ele é concebido como necessário e único possível no seu domínio. Para provar a necessidade de verificar que ele é realmente tal como parece, a condição prévia consiste em ultrapassar o real, imaginar outros possíveis e inventar problemas sobre pontos que parecem não possuir algum. Daí as “pseudonecessidades” tão estritas que se pode interpretar a física de Aristóteles como a sua grande vítima, pois os únicos possíveis que ele considerou não se referem a sistemas de composições operatórias, mas a processos predeterminados que ele chamou passagens da “potência” ao “ato”. Se a constituição de uma ciência experimental supõe uma metodologia, esta não é de modo algum suficiente porque a sua aplicação é função dos problemas levantados pelo sujeito e, o que é correlativo, da riqueza dos possíveis que ele é capaz de imaginar (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 126-127).

Nesse sentido, os problemas possíveis para os lógicos da Idade Média estavam relacionados a poucos pontos da física aristotélica e, até então, sem possibilidade de alcançar ou superar o seu valor de sistema de conhecimentos estruturado. Para tanto, seria necessário ainda o alvorecer de um conjunto de concepções que surgiria após o período do Renascimento apenas.

Por fim, os autores ratificam as relações evidentes entre a lógica “aplicada” (metodologia) e as operações atribuídas (explicações causais). Segundo eles, a primeira se

refere à realidade imediata da qual os fatos e leis podem ser descritos com rigor e cujas hipóteses explicativas podem ser verificadas e comparadas a esses fatos. Por outro lado, as explicações causais (modelos explicativos) fazem o caminho inverso, submetendo o real a sistemas de composições possíveis e regulados com necessidade. Nesse sentido, o real é ao mesmo tempo incorporado pelo possível e pelo necessário, mas prossegue com seu status quando escolhe de forma consciente o caminho da verificação experimental das hipóteses elaboradas, e é, paralelamente a isso, enriquecido por meio dessa assimilação dual, que opta por necessidades causais coerentes a despeito das *pseudonecessidades*. Dessa forma, sendo o indivíduo parte integrante do real (corpo), suas atividades são responsáveis pela elaboração de estruturas lógico-matemáticas que incorporam o real ao contexto do possível e do necessário, tendo que se adaptar, a cada nível, ao meio exterior por meio de procedimentos (metodologias) práticos ou científicos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 127).

3. A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS E O LABORATÓRIO DE PESQUISA E ENSINO DE FÍSICA (LaPEF) DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A presente tese tem como um dos objetivos analisar a influência das ideias de Piaget e García nas pesquisas em ensino de Física no Brasil num momento específico do desenvolvimento de sua história; dessa forma, a produção do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo será analisada para discutirmos esta influência, a forma como ocorreu, quais elementos foram incorporados para as dissertações e teses produzidas no contexto do grupo etc.

Entretanto, é necessário destacar que o grupo de pesquisa da USP pertence a um momento da nossa história de produção científica brasileira e que as investigações realizadas pelos seus integrantes carregam outros elementos e influências provenientes do próprio desenvolvimento histórico da educação científica praticada no país, assim como das inúmeras iniciativas de investigação que proporcionaram o estabelecimento de uma área específica de pesquisa voltada ao ensino de Física.

Para melhor posicionar o trabalho desenvolvido no LaPEF mostra-se, portanto, interessante uma revisão de fatos importantes da educação científica praticada no Brasil que, de forma direta ou indireta, foram relevantes para o estabelecimento da área de pesquisa em ensino de Física no país e que refletiriam nas investigações promovidas pelo grupo.

Os dados obtidos nesse exercício permitem situar o momento analisado na linha do tempo de desenvolvimento da área de pesquisa e, além disso, fomentar uma discussão acerca dos problemas e das motivações com os quais os pesquisadores se defrontavam nesse primeiro momento das atividades do grupo de pesquisa e que, de uma forma ou de outra, podem ter fundamentado a escolha do referencial teórico.

Um exercício dessa natureza pode ser extenuante e eventualmente pecar por excesso ou negligência em relação aos elementos destacados, entretanto, sendo pautado em bibliografia com reconhecida importância, esse esforço se revela como rica fonte de elementos significativos para o entendimento de determinado problema ou, como nesse caso, de uma área de pesquisa e, em especial, uma escola de pesquisadores.

No que concerne ao ensino de Física, interesse principal na análise aqui empreendida, diversos fatores são apontados na literatura especializada como de grande relevância no

estabelecimento de uma nova prática educacional e de inovações curriculares no campo das disciplinas Científicas, em especial, da Física. Para além disso, tais aspectos estariam inclusive intimamente ligados ao estabelecimento da nova área de pesquisa em “Ensino de Ciências”, incorporando para tanto, suas especificidades e dela emergindo uma série de estudos voltados ao ensino da Física que impactariam a educação científica praticada nas escolas brasileiras.

Nesse sentido, nos apoiamos em relatos produzidos por uma série de autores como Krasilchik (1987; 2000), Barra e Lorenz (1986), Almeida Júnior (1979; 1980), Rodrigues e Hamburger (1993), Carvalho (1992), Moreira (1977), Nardi (2005), entre outros.

Alguns desses autores buscaram realizar uma análise minuciosa dos diferentes períodos do trabalho científico desenvolvido no Brasil associados à educação científica, com o intuito de apreender quais circunstâncias foram relevantes ao ensino de Ciências praticado no país, não se restringindo apenas à dimensão das intenções e das construções curriculares, mas envolvendo também perspectivas associadas ao processo, com o objetivo de atingir uma compreensão abrangente da situação da educação científica, bem como pôr em evidência os caminhos de seu desenvolvimento, e ainda as dificuldades enfrentadas.

Outros, dentre os citados, trazem além disso uma reflexão temporal acerca do trabalho realizado pelos grupos de pesquisa que surgiram no Brasil voltados à área do ensino de Ciências e do ensino de Física, em especial, dos grupos formados pelos docentes da Universidade de São Paulo. Além disso, os relatos obtidos por meio de textos, palestras e entrevistas de personagens relevantes ao desenvolvimento do trabalho nesses grupos, como a Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, possibilitaram uma perspectiva mais orientada em relação à pesquisa desenvolvida nesse contexto.

Parte desse exercício envolveu a elaboração de uma releitura de quadro explicativo, proposto originalmente por Krasilchik (1987), no qual os elementos relevantes a cada período do trabalho empreendido nessa área são postos em perspectiva. Para esse fim, são também de imensa relevância os trabalhos que buscaram ampliar e aperfeiçoar essa tarefa como o de Carvalho e Vannucchi (1995) e de Nardi e Cortela (2016). Tal esforço permitirá ao leitor uma perspectiva mais global dos aspectos discutidos neste capítulo e serve ainda de referência para as análises que seguem do trabalho desenvolvido no contexto do LaPEF.

3.1. A educação científica no Brasil

Em diferentes períodos e circunstâncias da história brasileira, importantes iniciativas associadas ao ensino de Física e das demais disciplinas científicas foram colocadas em prática e refletem o grau de maturação e do empenho da academia brasileira em resolver os dilemas escolares de cada época, além de poder colaborar na superação das limitações impostas pela realidade do trabalho pedagógico no país.

Nesse sentido, por exemplo, logo após o período imperial, o Brasil iniciaria sua trajetória republicana com parcela considerável da população ainda analfabeta e com as poucas estruturas educacionais voltadas exclusivamente para a formação das elites, fator extremamente característico do ensino brasileiro em diversos períodos.

Uma iniciativa marcante neste tempo fora idealizada pelo então ministro da instrução Benjamim Constant Botelho de Magalhães que, inspirado nos ideais positivistas, estabeleceu, por meio do decreto nº 891, de 8 de novembro de 1890 uma série de reformulações (da instrução primária à superior), abrangendo também disciplinas científicas em meio ao rol comum de cadeiras mais voltadas à formação humanística.

Interessante notar a respeito disso que, como se percebe nas décadas seguintes (e em períodos diversos da história brasileira), apesar da aparente inovação educacional instituída pelo novo regime político, representar, ao menos no discurso, uma ruptura com uma postura de descaso em relação aos mais pobres, os resultados prometidos à população acabavam não sendo entregues (NAGLE, 1974, p. 283).

No que diz respeito ao ensino de Física, dado que a multiplicidade de novas matérias a serem estudadas acabava resultando num currículo excessivamente inchado, sendo as aulas restritas a reprodução de noções generalistas e com ênfase em uma capacidade de cálculo e de abstração, muitas vezes não adequadas à maturidade dos estudantes. Apesar dessas iniciativas de inovação, o ensino secundário continuava como exclusividade de uma parcela da elite socioeconômica do país e especialmente voltado para o encaminhamento ao ensino superior; este também reservado a essa fração da sociedade brasileira. E, para além disso, embora fossem inaugurados novos centros de formação universitária, inclusive na área das Ciências Exatas¹, pouca atenção se dava à formação de professores das disciplinas científicas.

1 Destaca-se, nesse interstício, o início das atividades de instituições como a Escola Politécnica de São Paulo (1893) e a Escola de Engenharia de Porto Alegre (1896).

Na sequência, outro momento importante para o ensino de Ciências praticado no país seria a transferência da responsabilidade sobre a educação para as administrações estaduais. No que diz respeito ao estado de São Paulo, em 1920 a área de Ciências Físicas e Naturais constava no rol de conteúdos a serem abordados nas salas de aula e, além disso, uma série de medidas associadas às metodologias recomendadas ao ensino foram regulamentadas por meio de decreto no ano seguinte², como lê-se na sequência:

Artigo 103. - Nas escolas primárias, o método natural do ensino é a intuição, a lição de cousas, o contexto da inteligência com as realidades que se ensinam, mediante a observação e a experimentação, feitas pelos alunos e orientadas pelo professor. São expressamente banidas da escola as tarefas de mera descrição, os processos que apelem exclusivamente para a memória verbal, a substituição das cousas e fatos pelos livros, que se devem apenas usar como auxiliares do ensino.

Artigo 201. - Os programas destas disciplinas serão organizados com lições pelos respectivos professores, e submetidos, por intermédio do diretor da escola, ao diretor-geral da Instrução Pública, para os aprovar, se obedecerem à orientação do ensino no curso normal e se compreenderem, respectivamente:

8º - Ciências Físicas e naturais: noções de Física e Química, de Anatomia e Fisiologia humanas de Zoologia, Botânica e Mineralogia, aprendida, sobretudo, pela observação e pela experiência; aplicação à higiene e à vida prática; (SÃO PAULO, 1921).

Artigo. 105 - Para a aplicação integral do método intuitivo, cada escola será provida do material necessário, formulado o professor, com a cooperação dos alunos, colecções do objetos naturais e artificiais, principalmente do Brasil, correspondentes ao gênero do seu ensino (SÃO PAULO, 1920)³.

Em outro ente federativo, mais uma evidência desse empenho, digna de destaque, foi a Reforma empreendida pelo educador Fernando de Azevedo, responsável pela Diretoria-Geral de Instrução Pública do Distrito Federal⁴ entre os anos de 1927 e 1930. Durante esse período, Azevedo, inspirado por valores do movimento Escolanovista, buscara uma reestruturação da instrução pública, da sua forma de organização, bem como de suas práticas e, nesse sentido, procurava integrar suas estruturas em um movimento vinculado a um projeto de reforma social mais amplo com repercussões inclusive em momentos posteriores da história educacional brasileira (NAGLE, 1974).

Após a Revolução de 30, com a criação do Ministério da Educação e Saúde administrado por Francisco Campos, uma série de decretos estruturaram e centralizaram sob a administração do governo federal o ensino de níveis secundário (profissionalizante inclusive)

2 A Instrução Pública no Estado de São Paulo foi reformulada por meio da lei nº 1750, de 8 de dezembro de 1920, incluindo a área de “*Sciencias phisicas e naturaes*”. O trecho citado se refere ao Decreto nº 3.356, de 31 de Maio de 1921, que regulamentava a referida lei.

3 Nos trechos selecionados, atualizamos a ortografia de algumas palavras do texto original encontrado nos arquivos da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.

4 Unidade administrativa cujo território corresponde à atual localização do município do Rio de Janeiro.

e superior, deixando ainda para os estados a responsabilidade sobre a escola primária e o ensino normal (HOCHMAN, 2005).

Outro marco importante desse período, o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, em 1932, reforçava uma perspectiva de certa elite intelectual brasileira (entre estes, Fernando de Azevedo, Anísio Teixeira, Cecília Meireles e muitos outros) de renovação da sociedade por meio de uma nova estruturação da educação praticada no país, com forte apelo por uma universalização do acesso à escola pública, laica e gratuita (MANIFESTO, 1932)⁵. O trabalho dos pioneiros continuaria pelas décadas seguintes e, mesmo sob fortes ataques de defensores do ensino privado e religioso, os princípios expressos no Manifesto viriam a influenciar uma nova geração de educadores de destaque como Darcy Ribeiro e Florestan Fernandes (MORAES, 2016).

Todavia, apesar da aparente novidade de grande parte dessas iniciativas, a efetividade das medidas planejadas esbarrava especialmente na carência estrutural do sistema de ensino, na falta de incentivo e avaliação da execução das medidas, assim como – e especialmente – na escassez de docentes capacitados para tal empreitada (WEREBE, 1966).

Nesse quesito, representara um alento na perspectiva da formação de professores a criação da Universidade de São Paulo (USP) em 1934, na qual – especialmente no contexto da faculdade de Filosofia – tinha-se por objetivo formar cientistas e professores de escolas secundárias (CAMPOS, 1954). Entretanto, das dificuldades encontradas nessa conjuntura, destaca-se o fato de a formação praticada no âmbito das disciplinas científicas ser voltada prioritariamente a projetos de pesquisa experimentais em detrimento da preocupação com o ensino, ou mesmo com a pesquisa na área da educação científica (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 64)⁶. Apesar disso, Rodrigues e Hamburger (1993) apontam que desde a sua fundação, nesse mesmo ano, o departamento de Física da USP exercera atividades voltadas ao ensino de Física e à formação de professores.

5 Esse movimento não representava exatamente uma novidade, tendo em vista que a oposição à chamada Escola Tradicional havia sido levantada anteriormente por outros expoentes do movimento da Escola Nova iniciado no fim do século XIX. Embora venha a ganhar força apenas na primeira metade do século XX, essa perspectiva já influenciava uma nova concepção acerca do ensino e da aprendizagem nas escolas, tendo chegado ao Brasil por intermédio de Rui Barbosa ainda no final do século XIX e, como colocado, exerceria forte influência nas reformas educacionais promovidas nas décadas seguintes (PENTEADO, 1984).

6 De forma mais restrita, essa perspectiva a respeito da formação de professores de Física no estado de São Paulo, no início do período republicano, pode ser ampliada para os demais estados da federação nos quais ecoava também o baixo número de diplomação de professores, além de uma formação deficitária, resultando em docentes com carências conceituais básicas, fato evidenciado pela mínima aprovação nos concursos direcionados ao provimento das vagas de professores (ALMEIDA JR., 1980).

Ademais, no período compreendido entre os anos 30 e 40, apesar do cenário internacional turbulento em meio à Segunda Guerra Mundial, nota-se no Brasil um forte empenho em acelerar um processo de industrialização, dado que viria a motivar certa mudança de mentalidade a partir da necessidade da formação da força de trabalho que participaria desse processo (FONSECA, 1961).

Para além disso, nos anos seguintes aos conflitos, outro nicho de histórica proeminência na educação brasileira, a Igreja Católica e suas estruturas educacionais (voltadas prioritariamente à elite), almejava, por meio de sua atuação política e dominação ideológica da sociedade, recuperar certo grau de influência na instrução pública, colidindo dessa forma com valores humanistas de laicidade fomentados pelo movimento da Escola Nova (ROMANELLI, 1993, p. 171).

Acerca disso, Saviani (2005) argumenta:

[...] se o período situado entre 1930 e 1945 pode ser considerado como marcado pelo equilíbrio entre as influências das concepções humanista tradicional (representada pelos católicos) e humanista moderna (representada pelos pioneiros da educação nova), a partir de 1945 já se delineia como nitidamente predominante a concepção humanista moderna. A ênfase no desenvolvimento econômico do país, como pressuposto para o desenvolvimento das demais instâncias da sociedade, produziu uma inversão do papel do ensino público, colocando a escola sob os desígnios do mercado de trabalho, passando a concepção produtivista a moldar todo o ensino brasileiro por meio da pedagogia tecnicista. (SAVIANI, 2005).

Nesse sentido, o período pós-1945 é descrito como especialmente relevante ao ensino de Ciências em virtude de importantes reflexos no Brasil e no mundo de fatores associados à reconstrução dos países devastados pela Segunda Guerra Mundial e o estabelecimento de uma nova polarização de forças entre os Estados Unidos e a União Soviética. O período em questão é categorizado como divisor de águas e impulsionador de uma crescente valorização do trabalho científico, bem como do progresso tecnológico em direção a um maior desenvolvimento socioeconômico-cultural; a educação científica tinha, portanto, ampliado seu alcance e relevância (KRASILCHIK, 2000, p. 85).

Assim sendo, o contexto geopolítico deste período (Guerra fria, corrida espacial etc.) motivava em todo planeta – e de forma especial nos países ocidentais – uma reestruturação do ensino de Ciências com o intuito de propulsar o desenvolvimento de novas tecnologias (com evidente aplicabilidade bélica). Tal mobilização envolveu a cooperação entre cientistas, professores e demais especialistas da área educacional e culminou na elaboração de projetos de ensino voltados a formação de futuros cientistas capacitados para fazer frente a crescente evolução tecnológica soviética.

No que diz respeito ao ensino de Física, é possível destacar projetos de relevante influência, especialmente no eixo anglo-americano, e que posteriormente teriam reflexos em outros países periféricos como os da América Latina. Os projetos lembrados de forma mais recorrente na bibliografia especializada são os americanos *Physical Science Curriculum Study* (PSSC) e *Harvard Project Physics*, e o inglês *Nuffield Project*⁷ (MOREIRA, 2000).

No Brasil, até então, os manuais escolares utilizados nas disciplinas científicas, de origem principalmente europeia, serviam como referencial curricular e, em diferentes momentos de nossa história, pautaram os princípios e as concepções de educação científica praticada no país, pelos quais se estabelecia conteúdos e orientações metodológicas aos professores. Tais referenciais, todavia, gozavam de escopo limitado de atividades a serem trabalhadas pelos estudantes, sendo, portanto, compostos basicamente de instrução de caráter predominantemente teórico (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1971).

Tal perspectiva daria sinais de inovação no ano de 1946 com a fundação do IBCEC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura)⁸ que, financiado por fundações estrangeiras⁹, se apresentava como agente estimulador de uma mudança no campo da educação científica para o Brasil. Do trabalho desenvolvido por essa instituição, num primeiro momento, se destaca a produção de livros-textos e de materiais de apoio pedagógico. Como exemplo desse empenho, é possível sublinhar o projeto “Iniciação Científica” que consistiu na confecção de kits com equipamentos experimentais, roteiros e leituras complementares (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1972).

Nos primeiros anos da década de 50, seria organizado no IBCEC, em São Paulo, um grupo de docentes preocupados com a melhoria do ensino de Ciências sob o comando do Prof. Isaías Raw¹⁰. A tarefa do grupo consistia, entre outras iniciativas, na proposição de

7 Materiais disponíveis para acesso em: <http://fep.if.usp.br/~profis/projetos-ef.html>.

8 Fundado no Rio de Janeiro no ano de 1946, como comissão local vinculada à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), tendo em vista a promoção de projetos nas áreas em questão. Destaca-se do trabalho desenvolvido pelo IBCEC (especialmente aquele desenvolvido após a sua mudança em 1950 para a cidade de São Paulo) o caráter inovador das iniciativas de divulgação científica e de promoção e apoio ao ensino de ciências, incorporando e associando iniciativas de pesquisadores e professores que até então não conversavam entre si (KRASILCHIK, 2000, p. 91).

9 Destaca-se o apoio das fundações Rockefeller e Ford.

10 Graduado em medicina pela Universidade de São Paulo em 1950, foi pesquisador na área de bioquímica, com especial atuação no desenvolvimento do ensino de ciências, dirigindo o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC) e participando da fundação das editoras da Universidade de Brasília e da Universidade de São Paulo, as quais se originaram das inovações introduzidas por ele no ensino das ciências na escola secundarista. Foi preso em 1964 acusado de subversão, segundo ele “como um sujeito altamente periculoso. Vinte e cinco soldados vieram me prender as 11 horas da noite, quando estava entrando em casa” (IZIQUÉ E MARCOLIN, 2005). Em 1969 teve seus direitos cassados pelo regime militar, por meio do Ato Institucional nº 5, sendo

atualizações curriculares a serem implementadas no ensino das disciplinas científicas e na elaboração de novos kits para utilização em aulas de laboratório nas escolas básicas e nas universidades. Tais esforços encontrariam grandes dificuldades para serem colocados em prática em virtude da rigidez de programas oficiais, além do restrito número de horas de trabalho com os estudantes.

Nesse contexto, ao mesmo tempo que iniciativas coletivas (como as praticadas no contexto do IBCEC) coexistiam com iniciativas independentes em outros polos de inovação, cursos de capacitação eram promovidos pelo Ministério da Educação no contexto da Campanha de Aperfeiçoamento do Ensino Secundário (CADES). Dada a escassa mão de obra de docentes capacitados para o ensino de ciências¹¹ na escola básica, o trabalho desenvolvido pelo MEC possibilitava a titulação dos professores “improvisados” (KRASILCHIK, 1987, p. 9).

Em paralelo a iniciativas dessa natureza, o debate educacional testemunharia, nesse mesmo período, a divulgação de um novo manifesto, nos moldes do “*Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova*”, de 1932, intitulado “*Manifesto dos Educadores: Mais uma vez Convocados*” (MANIFESTO, 1959), no qual um conjunto de educadores e outros intelectuais brasileiros expressaram críticas severas ao descaso com que era tratada a escola pública no país. Neste documento, os manifestantes buscavam ainda desencadear uma campanha em defesa da educação pública e de uma escola de caráter laico e democrático, apontando para valores como uma formação voltada ao progresso científico e técnico, para o trabalho produtivo e para o desenvolvimento econômico do país.

Nos anos seguintes, o Brasil viveria uma fase dual; por um lado o país vivia um período de aparente liberalização política e de empolgação em torno de um projeto nacional do qual participariam diversos segmentos da sociedade, cujo pano de fundo seria a discussão das chamadas “*Reformas de Base*”; por outro lado, esse movimento encontraria forte

aposentado compulsoriamente. Foi embora do Brasil para trabalhar a Universidade Hebraica de Jerusalém. Posteriormente ingressou no MIT [Massachusetts Institute of Technology], nos Estados Unidos, onde ficou por quatro anos, e cujo projeto desenvolvido lhe rendeu a capa do Chemical News. Anos depois, foi convidado para trabalhar na Escola de Saúde Pública da Universidade Harvard, no Departamento de Nutrição. De volta ao Brasil, foi pesquisador do Instituto Butantan, onde em 1985, criou o Centro de Biotecnologia que desenvolveu e implantou tecnologias modernas para a produção de soros e vacinas, elevando o Brasil no cenário internacional.

11 Krasilchik (1987) destaca que poucos licenciandos eram formados e partiam para o exercício do magistério. As aulas das disciplinas científicas acabavam ficando sob a responsabilidade de outros profissionais (engenheiros, médicos, farmacêuticos etc.).

resistência da elite socioeconômica brasileira, que apoiada por setores das forças armadas provocariam intenso agravamento de convulsões no campo político¹².

No campo educacional, no ano de 1961, ocorreria a aprovação da lei nº 4024, a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) brasileira (BRASIL, 1961). Na referida lei, o papel das Ciências seria ampliado significativamente na estrutura curricular nacional, com relevante incremento na carga horária da disciplina de Física no contexto do ensino de nível colegial, e com a educação científica figurando logo nos primeiros anos do curso ginásial. A LDB era caracterizada inclusive por, entre outras medidas, descentralizar o poder do MEC (ampliando as responsabilidades dos estados), fixar percentuais de empenho do orçamento com os gastos em educação e estabelecer parâmetros quanto à formação de professores dos diferentes níveis de ensino (KRASILCHIK, 2000, p. 86).

A educação científica no país, nos anos que sucederam esse marco, viveria um aparente movimento de inovação, especialmente vinculado à orientação seguida pelo IBEC a partir desse período. No que se refere ao ensino de Física, entre 1961 e 1964, o Instituto promovera a tradução dos materiais do *PSSC*, investindo inclusive na confecção dos dispositivos experimentais associados às atividades práticas do projeto americano. A instituição investiria ainda, entre os anos de 1963 a 1968 em cursos voltados a capacitação dos docentes para a utilização dos materiais (CANIATO, 1973).

De forma mais ampla, o IBEC se posicionaria numa conjuntura global de inovação da Educação Científica investindo em projetos que tencionavam promover o ensino de Física

12 Embora a discussão das reformas de base tenham sido iniciadas em 1958, durante o governo de Juscelino Kubitschek, elas ganharam mais força com a posse de João Goulart em 1961. Nessa ocasião, inclusive, o Brasil testemunharia o prenúncio de um golpe de estado com a tentativa de setores do exército brasileiro em impedir a posse do então vice-presidente, após a renúncia do presidente da república Jânio Quadros. Essa tentativa seria confrontada principalmente pelo governador do estado do Rio Grande do Sul, Leonel Brizola, com apoio do comandante do III Exército, General Machado Lopes, no episódio que ficou conhecido como “Campanha da Legalidade”, em alusão à defesa do cumprimento da ordem legal exposta na Constituição vigente e a respectiva posse de Jango. Principal bandeira do governo de Goulart, as “reformas de base” envolveriam um conjunto de iniciativas com a justificativa de reduzir a desigualdade social existente no país por meio de reestruturações nos sistemas eleitoral, bancário, fiscal, administrativo e universitário, porém, a bandeira principal do governo envolvia a discussão de uma distribuição mais justa do direito à propriedade (reforma urbana e reforma agrária). Apesar do fortalecimento de movimentos populares e do apoio de parte da sociedade civil às iniciativas do governo, em março de 1964, setores poderosos da sociedade brasileira (parlamentares, empresários, donos de meios de comunicação, latifundiários etc.) apoiariam o golpe imposto pelas forças armadas e a destituição do governo, com o conseqüente início de um longo período autoritário que reverberaria nas gerações futuras e teria graves implicações no amadurecimento do processo democrático, bem como na discussão de inovações curriculares, em busca de uma educação que pudesse acompanhar movimentos de grande efervescência intelectual e científica que ocorreriam na Europa e nos Estados Unidos nos anos que se sucederiam. A ditadura civil-militar perseguiria, de forma sistemática e violenta, inúmeros educadores cujo pensamento e engajamento político considerava “subversivos”, dentre esses, destacam-se: Anísio Teixeira, Paulo Freire e Darcy Ribeiro (HERZOG, s/d).

na América Latina, sendo escolhido, inclusive, como sede do projeto-piloto “*Novos métodos e Técnicas de Ensino de Física*”, que sinalizaria o nascimento do Programa de Ciências encabeçado pela UNESCO em vários países. No ano de 1966 seria, ainda, corresponsável pela capacitação de líderes que atuariam nos Centros de Ciências do Ministério da Educação e Cultura¹³ (KRASILCHIK, 2000).

Interessante salientar neste momento que, paralelamente à movimentação ocorrida no Brasil, haveria nesse interstício, especialmente no contexto americano, um aumento do prestígio da psicologia comportamentalista no trabalho pedagógico especialmente vinculada à produção de materiais instrucionais. Pelos educadores adeptos dessa abordagem era recomendada a apresentação de “objetivos do ensino” sob a forma de “comportamentos observáveis”, explicitando, para tanto, os meios pelos quais estes poderiam ser alcançados e, além disso, destacando quais seriam os parâmetros satisfatórios de desempenho (KRASILCHIK, 1987, p. 13)¹⁴.

Nesse contexto inclusive, essa vertente mais próxima de uma visão tecnicista da educação científica seria enfrentada especialmente por uma crescente revalorização da psicologia cognitivista. Como exemplos desse movimento, Krasilchik (1987) destaca os resultados apresentados em conferências internacionais realizadas em 1959 e 1964:

Dois eventos tiveram impacto nas atividades em desenvolvimento, promovendo a ascensão da psicologia cognitivista. O primeiro deles foi a publicação da obra de Bruner, *O Processo da Educação*, resultado de uma conferência realizada em 1959, da qual participaram trinta e cinco cientistas, acadêmicos e educadores. Durante dez dias, analisaram temas como: “a sequência de um currículo para o ensino, a motivação para o aprendizado. O papel da intuição no aprendizado e raciocínio e processos cognitivos no aprendizado”. [...] Na mesma direção, um outro marco foram as conferências realizadas nas Universidades de Cornell e Califórnia, em 1964, denominadas *Piaget redescoberto*, que focalizavam estudos cognitivos e desenvolvimento de currículo, em que o próprio Jean Piaget foi o consultor. Embora as conferências tivessem sido concebidas originalmente para analisar as implicações, para o currículo de Ciências, das pesquisas recentes na época sobre o desenvolvimento cognitivo das crianças, cedo se verificou que essas implicações se estendiam ao currículo como um todo (KRASILCHIK, 1987, p. 13).

Assim sendo, nos últimos anos da década de 1960, a teoria de Jean Piaget acerca do desenvolvimento cognitivo receberia maior atenção no continente americano, passando a ser

13 Os centros de ciências, criados pelo MEC em 1963 eram concentrados em seis capitais de estados brasileiros (São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Porto Alegre e Belo Horizonte); alguns vinculados às secretarias de Educação, outros a Universidades Públicas. Neles eram produzidos materiais de apoio pedagógico e ofertados cursos de capacitação aos professores de seu estado (BARRA e LORENZ, 1986).

14 Das classificações elaboradas nesse sentido, a de maior destaque, organizada sob a coordenação de Benjamim Bloom, segmentava os objetivos de ensino nas categorias: cognitivo-intelectuais, afetivo-emocionais e psicomotores-habilidades. Tais categorias eram ainda hierarquizadas em escalas de comportamentos ainda mais específicas (KRASILCHIK, 2000, p. 88).

observada com maior frequência nas discussões acerca do processo educativo, com especial atenção na educação científica (KRASILCHIK, 1987, p. 13).

No final dessa mesma década, no Brasil, em 1967, é criada a *Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências* (FUNBEC), que auxiliaria na comercialização e distribuição dos materiais produzidos pelo IBCEC, especialmente as traduções dos projetos estrangeiros. Do trabalho desenvolvido pela parceria entre esses agentes, geralmente é destacado o forte empenho na promoção do ensino experimental, característica que, de certa forma, contrariava uma linha até então hegemônica no ensino de Ciências praticado no país nas escolas de ensino primário e secundário (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1975-1976).

Outro marco interessante deste período, e digno de destaque, foi o “*Programa de Expansão e Melhoria do Ensino Médio*” (PREMEM)¹⁵, que tinha por intenção “incentivar o desenvolvimento quantitativo, a transformação estrutural e o aperfeiçoamento do ensino médio” e aprimorar o ensino secundário no país por meio da expansão das “escolas polivalentes” (BRASIL, 1968). O projeto seria estendido em 1972 como *Programa de Expansão e Melhoria do Ensino* (PREMEN) tendo em vista a ampliação do alcance das medidas para outros níveis da escola básica (BRASIL, 1972).

No escopo dessas novas medidas estaria o *Projeto Nacional para Melhoria do Ensino de Ciências*” (PNMEC) que entre 1972 e 1978 financiaria doze projetos de ensino elaborados e difundidos por diferentes instituições como os Centros de Ciências e a FUNBEC (FRACALANZA, 1993). Dos objetivos dos projetos elaborados, destaca-se a intensão de fornecer materiais de apoio didático aos docentes e estudantes adaptados às características do público brasileiro, além de promover treinamento e atualização aos professores das disciplinas científicas de primeiro e segundo grau (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1979).

Antes disso, entretanto, alguns fatos marcariam uma mudança na perspectiva do trabalho desenvolvido no Brasil, especialmente no que diz respeito à pesquisa em ensino de Física, bem como o início da produção de materiais concebidos pela inteligência nacional e que levariam em consideração a realidade das nossas escolas.

Marco inicial, nesse sentido, seria o surgimento dos primeiros grupos de pesquisa na área do ensino de Física no Brasil a partir de 1969, com destaque ao grupo formado pelos

15 Projeto idealizado pela Equipe de planejamento do Ensino Médio (EPEM) que tinha por orientação colocar em prática os princípios firmados no acordo entre o governo ditatorial brasileiro e a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), realizado em 13 de novembro de 1969. No referido acordo a agência americana se prontificava em fomentar a implantação de sistemas públicos de ensino secundário, introduzindo e estimulando os “Ginásios Polivalentes”, assim como auxiliando na adaptação dos currículos das escolas no Brasil (ARAPIRACA, 1979, p. 183).

docentes da USP (RODRIGUES E HAMBURGER, 1993). Tal fato representaria o início de um período de grande inovação e ascensão dos projetos nacionais que começariam a tentar responder aos desafios não correspondidos pelas traduções dos materiais estrangeiros.

Na sequência iniciada a partir do ano de 1969, apesar do lamentável pano de fundo no plano político¹⁶, seria possível observar ainda iniciativas que teriam implicações na pesquisa em ensino de Física praticada no Brasil. Nesse ano, por exemplo, haveria a tentativa na USP em fundar um programa de pós-graduação em Ensino de Física vinculado ao departamento de Física da Universidade:

Em 1969, o departamento de Física da FFCL¹⁷ apresentou uma proposta de implantação de um curso de pós-graduação em ensino de Física, passando a ministrar e organizar disciplinas de pós-graduação nessa área, sob a coordenação de Claudio Z. Dib, que tinha participado do Projeto Piloto. Porém, sendo de exclusiva responsabilidade do referido departamento, e envolvendo as áreas de física e educação, o curso não foi aceito pela Câmara de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo, que julgou necessária a participação da Faculdade de Educação. Assim, várias dentre as disciplinas oferecidas em 1969 e 1970 passaram a ser consideradas como cursos de especialização em ensino de física (RODRIGUES e HAMBURGER, 1993, p. 6).

Ainda no ano de 1969, o primeiro projeto nacional de destaque, o Projeto de Ensino de Física (PEF)¹⁸, seria iniciado sob a coordenação dos professores Ernst W. Hamburger e Giorgio Moscati, além de uma equipe formada por professores e pesquisadores universitários, professores de Física de escolas secundárias, entre outros. O referido projeto, segundo seus idealizadores, viria para responder à crescente necessidade, apontada pela academia e pela sociedade, de novos currículos adaptados aos alunos da escola básica brasileira. Nesse sentido, o início do trabalho do grupo responsável pelo PEF se daria com investimento proveniente da parceria com a FAPESP e, posteriormente, contaria com a colaboração (publicação e comercialização) da FENAME¹⁹ a partir de 1975.

Acerca do contexto de elaboração deste projeto Rodrigues e Hamburger (1993) destacam:

16 Em 1968, com o Ato Institucional nº 5, seriam agravados e institucionalizados no país a repressão política e o terror promovido pelo Estado durante a ditadura militar, com a previsão de atos sumários que previam o fechamento do Congresso Nacional, a cassação de mandatos de parlamentares e a suspensão dos direitos políticos de qualquer cidadão. Isso resultaria ainda num período nebuloso para a ciência brasileira, com a perseguição de cientistas e sua consequente categorização como “subversivos”.

17 Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: unidade nuclear e primordial da Universidade de São Paulo por mais de três décadas.

18 Materiais disponíveis para acesso em: <http://fep.if.usp.br/~profis/projetos-ef.html>.

19 Fundação Nacional de Material Escolar, órgão vinculado ao Ministério da Educação e Cultura.

Acreditava-se na época que era necessário desenvolver novos currículos de física nacionais. A tradução de projetos estrangeiros (o PSSC) não dera bons resultados, e isto era atribuído às condições educacionais e socioeconômicas muito diferentes entre o Brasil e no país de origem (EUA). O PEF teve como objetivo um ensino de Física inovador e adequado às condições brasileiras que se caracterizam por professores com formação insuficiente, sem tempo para preparar aulas difíceis, e salas de aula sem grandes recursos. Por outro lado, o Projeto enfatiza: a) atividades práticas dos alunos, fornecendo material simples para isto; b) compreensão de conceitos, mais do que fórmulas matemáticas e c) a física contemporânea (RODRIGUES e HAMBURGER, 1993, p. 7).

Ademais, no ano de 1970, ocorreria uma reforma universitária na USP e, no bojo dessa reorganização, uma integração entre o Departamento de Física da FFCL com outras cadeiras da disciplina de outras unidades, sendo constituído o Instituto de Física (IFUSP). Nesse mesmo ano, aconteceria no Instituto o I Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), sob a coordenação do Prof. Dr. Ernst W. Hamburger (então membro da direção da Sociedade Brasileira de Física). O evento congregou professores do ensino secundário e universitário com o intento de discutir os dilemas enfrentados no ensino de Física e as iniciativas de inovação em diferentes contextos (RODRIGUES e HAMBURGER, 1993, p. 7).

Outra iniciativa de destaque nesse mesmo período, emergiria a partir da iniciativa de egressos da USP, professores ligados à rede pública de ensino, que apreensivos com a realidade do trabalho escolar e com o baixo desempenho de seus alunos, se reuniram, sob a orientação do Prof. Dr. Fuad Daher Saad, formando o *Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física* (GETEF) que, dentre outros, produziria o projeto *Física Auto-Instrutivo* (FAI)²⁰.

A estrutura geral do programa de estudos do projeto FAI consistia, basicamente, em unidades de trabalho em forma de instrução programada, com cada aluno recebendo um guia de estudos referente ao tema estudado, no qual o estudante deveria desenvolver atividades de leitura, interpretação, escrita, por meio das respostas às questões e experiências apresentadas nos formulários, de forma independente, porém com possibilidades de cooperação entre os estudantes, como se percebe no trecho extraído do manual do professor:

Notamos, em nossas experiências, que os alunos, após vencerem o programa, independente de terem realizado a prova geral antes do tempo, prosseguem o estudo nas unidades seguintes do programa geral de Física. Tivemos casos em que no final do 2º ano alguns alunos já haviam terminado o capítulo sobre Eletromagnetismo. Foram-lhe fornecidos, então, textos de Física Moderna para completarem o tempo preestabelecido. Todavia, o ponto mais importante no sistema de ensino foi a colaboração desses alunos como monitores, a fim de orientar no estudo e na realização de experimentos os seus colegas mais lentos. O resultado foi bastante animador (SAAD et al., 1973).

20 Materiais disponíveis para acesso em: <http://fep.if.usp.br/~profis/projetos-ef.html>.

Ainda nesse período, outras iniciativas associadas ensino de Ciências costumam receber especial destaque na bibliografia, como o grupo de produção de filmes didáticos, projeto iniciado em 1971 em parceria com o Departamento de Cinema da ECADUSP (RODRIGUES e HAMBURGER, 1993, p. 7).

Nesse mesmo ano, haveria ainda a aprovação de uma nova Lei de Diretrizes e Bases para a Educação Nacional (BRASIL, 1971) na qual o ensino de Ciências seria pensado e especialmente vinculado à formação da mão de obra, fomentando uma visão tecnicista acerca do trabalho educativo (KRASILCHIK, 1987, p. 16).

Outra iniciativa posta em prática nesse período foi o Projeto Brasileiro para o Ensino de Física (PBEF)²⁰; vinculado inicialmente ao IBEC, posteriormente contaria com o financiamento da FUNBEC, e fora encabeçado pelos Professores Rodolpho Caniato, Alberto Teixeira e José Goldenberg. Acerca desse projeto, cabe destacar a preocupação dos autores em relação à adequação deste material à realidade brasileira:

Todo trabalho desenvolvido neste projeto pressupõe uma intensa participação do aluno no processo ensino-aprendizagem. Ele resulta de uma perspectiva em que nem o PROFESSOR é a um repetidor de coisas que estão no livro, nem o aluno aprende simplesmente ouvindo ou anotando. Pensou-se em proporcionar meios para uma intensa interação PROFESSOR-ALUNO na qual o ALUNO participa intensamente da AULA e na qual o PROFESSOR atua com papel parecido ao de um regente de orquestra. Caberá ao PROFESSOR usar sua maior experiência para CONDUIZIR e BALANCEAR a participação dos EDUCANDOS. Dessa maneira inclusive o cabedal de experiência adquirida pelo PROFESSOR também crescerá rapidamente e ele não correrá tanto o risco de “ESCLEROSAR” ou mesmo “FOSSILIZAR” seus conhecimentos e seus hábitos do ensino.

Os textos foram preparados com a preocupação de oferecer uma linguagem ao alcance do ALUNO e que proporciona um grande cenário de ideias, situações e “deixas” para discussões que podem ser exploradas segundo os interesses do ALUNO e DISPONIBILIDADE do PROFESSOR.

As ATIVIDADES são parte obrigatória e foram pensadas e ensaiadas para serem possíveis em QUAISQUER CONDIÇÕES BRASILEIRAS. Elas não exigem NUNCA material caro ou de difícil obtenção EM TERMOS BRASILEIROS.

[...] As coisas que aqui estão sugeridas não foram simplesmente planejadas em gabinete mas estão sendo – exaustivamente – ensaiadas desde 1970 ininterruptamente (CANIATO, 1973).²¹

Na sequência, em 1973 o projeto da pós-graduação em ensino saíria do papel, por meio de acordo firmado entre o IFUSP e a FEUSP e do estabelecimento do programa de pós-graduação interdisciplinar em Ensino de Ciências (Modalidade “Física”), o primeiro da área no país. As atividades incluíam ainda parcerias com outros centros científicos como o de Psicologia da própria USP, além das parcerias com outras instituições universitárias do Brasil

21 Destaques dos autores.

e de outros países²². Nessa década ainda, seriam apresentadas as primeiras dissertações de mestrado e nos próximos anos, relevante produção acadêmica ocorreria como pôde-se testemunhar na sequência do trabalho dos grupos de Ensino do IFUSP (RODRIGUES e HAMBURGER, 1993, p. 124).

Grande parte dos projetos até aqui elencados, ficaram, de alguma forma, restritos à cidade de São Paulo e a alguns polos fora do estado, e teriam um alcance limitado em meio a tamanha carência de condições mínimas de trabalho nas escolas de todo o país. Isso ocorreria ainda em virtude da falta de capacitação de grande parte dos docentes e do caráter conteudista e livresco da educação científica no país (MOREIRA, 2000).

Um dos polos alternativos à capital paulista na produção científica na área do Ensino de Física foi a pós-graduação do IFURGS²³. O grupo de Ensino produziria um número considerável de pesquisas entre 1967 e 1977 resumidos por Moreira (1977)²⁴. Esse relato agrupa os resumos das publicações (dissertações, comunicações em congressos etc.) realizadas pelos integrantes do grupo gaúcho nos seus primeiros dez anos de formação e é apontado, inclusive, como um dos registros mais antigos (senão o mais antigo) sobre um grupo dedicado à área de ensino de Física no Brasil (NARDI, 2005).

Além disso, apesar de haverem outras iniciativas importantes em outros centros de pesquisa ocupados com o Ensino de Física no país, os grupos do IFUSP e do IFURGS costumam receber especial destaque em virtude de rigoroso registro de aspectos relevantes aos seus anos de constituição e, nesse sentido, podem refletir com maior fidelidade o momento vivido pelos pesquisadores da área nesse período da história brasileira (NARDI, 2005).

Interessante destacar nesse momento da trajetória histórica das propostas e pesquisas em ensino de Física elaboradas no país, no início dos anos 80, encontra-se um conjunto de trabalhos acadêmicos que utilizaram, como referencial teórico para pensar o ensino de Ciências, o chamado construtivismo Piagetiano (NARDI e CORTELLA, 2016).

Esse destaque é reforçado por Vasconcelos (1996) em sua longa descrição acerca da difusão das ideias de Piaget no Brasil, que salienta especialmente o trabalho realizado pelo

22 Rodrigues e Hamburger citam a cooperação no Brasil com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ), a Universidade Estadual de Maringá (PR) e a Universidade Federal Fluminense (RJ). Fora do país, eles apontam parcerias com as Universidades de Londres (UK), Bolonha (IT) e Paris (FR).

23 No caso do grupo da UFRGS o grupo de ensino era vinculado ao programa de pós-graduação em Física, do qual uma das modalidades de pesquisa era o Ensino de Física.

24 *Resumos de trabalhos do Grupo de Ensino do Instituto de Física da UFRGS (1967-1977)* (MOREIRA, 1977).

grupo formado e orientado pela Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Segundo o autor, a pesquisa desenvolvida pela docente e pelos seus alunos de mestrado e doutorado seria uma extensão, no campo da educação científica, do trabalho iniciado nas décadas anteriores por sua mentora, a Prof.^a Dr.^a Amélia Americano Franco Domingues de Castro, principal responsável, no âmbito da Faculdade de Educação da USP, pelo desenvolvimento de pesquisas piagetianas aplicadas à educação, sobretudo a partir dos anos 70.

Em relação ao contexto do trabalho desenvolvido pelo grupo da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, principal eixo de atenção para nossa análise, reservamos uma descrição mais detalhada no item seguinte deste capítulo.

No intuito de não prolongarmos ainda mais essa discussão, de modo a não torná-la extenuante, destacamos como síntese dos aspectos discutidos até aqui, quadro elaborado por Krasilchik na obra “O professor e o currículo das Ciências”, publicada em 1987. Na referida obra, a autora argumenta que a escola no Brasil, sempre refletira as grandes mudanças na sociedade e que, a cada mudança na administração pública, iniciativas reformistas eram colocadas em ação.

Nesse sentido, a autora observa que as constantes reformulações dos currículos refletiam importantes discussões e inovações vividas em todo o mundo e destaca que:

A complexidade desse processo envolveu análises teóricas sobre o papel da Física, Química, Biologia e Ciências na educação, pesquisas sobre a forma de aprendizagem dos conceitos científicos, produção de materiais didáticos, desenvolvimento de metodologias, estudos do papel da linguagem, da motivação e do interesse, em alunos de diferentes faixas etárias. A partir desse conjunto de atividades emerge um campo de conhecimento – o ensino das Ciências – sustentado por instituições acadêmicas, associações profissionais e órgãos governamentais (KRASILCHIK, 1987).

A respeito, por exemplo, das décadas nas quais surgiram os grupos de ensino de Física relatados anteriormente nessa descrição (anos 70 e 80), a autora salienta que esse período seria marcado por relevantes convulsões sociais e econômicas, com destaque à crise energética e a preocupação com as questões ambientais ganhando evidência no debate científico. Segundo ela, todo esse contexto reverberaria no ambiente educacional:

As agressões ao ambiente, decorrentes do desenvolvimento industrial desenfreado, resultaram, em contrapartida, no recrudescimento do interesse pela educação ambiental e na agregação de mais um grande objetivo ao ensino das Ciências: o de fazer com que os alunos discutissem também as implicações sociais do desenvolvimento científico. Este objetivo passou a constituir a nova ênfase dos projetos curriculares, evidenciando a influência dos problemas sociais que se

exacerbaram na década de setenta e determinaram um novo momento de expansão das metas do ensino de Ciências. O que agora se visava era incorporar, ao racionalismo subjacente ao processo científico, a análise de valores e o reconhecimento de que a ciência não era neutra. No clima de mudança dessa fase, influíram profundamente tanto o processo de revisão crítica da concepção de pesquisa como o debate entre pesquisadores e filósofos da ciência sobre os procedimentos mais adequados à investigação (KRASILCHIK, 1987, p. 17).

Esforço semelhante de síntese dos aspectos importantes ao ensino de Ciências, empreendido por Carvalho e Vannucchi em artigo publicado em 1995²⁵, buscou complementar o quadro histórico analisado por Krasilchik (1987), estendendo a análise acerca das inovações e tendências observadas no currículo de física ao final dos anos 80 e à primeira metade da década de 90. Nessa tarefa, as autoras observam como destaque desse contexto a grande importância atribuída à História e Filosofia da Ciência no ensino de Física, bem como as tentativas de inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nos currículos, o que, para elas indicava um movimento da educação científica no sentido de uma aproximação entre a ciência e o cidadão comum:

O ensino de Ciências deve então enfatizar também o aspecto ensino, combinando o conteúdo específico e os progressos da ciência e tecnologia com os propósitos gerais da educação, colocando para os estudantes a produção científica ao alcance de sua interpretação e crítica. Este objetivo nos leva a uma visão de ciência como construção permanente, como um conhecimento socialmente elaborado e portanto vinculado a um contexto que impõe necessidades, que cria demandas, que faz pressões, que julga e que opta (CARVALHO e VANUCHI, 1995).

Além disso, com relação aos aspectos metodológicos associados à educação científica praticada no período em questão, as autoras observam que os pressupostos encontrados nos referenciais pesquisados envolviam a predominância de concepções cognitivistas, tendo como atividade de destaque a resolução de problemas.

Mais recentemente, em pesquisa relacionada à formação inicial de professores de Física, Cortela e Nardi (2016) ampliam ainda mais o quadro proposto por Krasilchik (1987), incluindo agora outros períodos e aspectos da educação científica desenvolvida no Brasil, possibilitando uma percepção ainda mais abrangente do estabelecimento da área de pesquisa em ensino de Física no país.

Dos períodos seguintes ao de interesse de nossa análise, os autores pontuam uma ampliação das perspectivas de educação científica que envolvem um aprofundamento da utilização de novos recursos computacionais, e a aproximação do debate pedagógico da perspectiva de discussão da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e o

25 “O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa investigações em ensino de ciências”.

consequente aprofundamento de aspectos pertinentes ao desenvolvimento sustentável, tendo em mente a reversão de uma lógica predatória ao meio ambiente e de enfrentamento da crise climática. Cabe, acerca disso, observar que estes são elementos de profunda emergência, no que diz respeito ao foco do trabalho da educação científica para o nosso tempo.

Elementos, não discutidos até aqui, de destaque do contexto histórico brasileiro mais recente, seriam o processo de redemocratização do país em meados dos anos 80, com a posterior elaboração de uma nova constituição em 1988 e o estabelecimento nos anos seguintes de novas regulamentações educacionais, como a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação no ano de 1996 e a instituição dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1996). Além disso, nos períodos posteriores o país vivenciaria uma ampliação do acesso à educação básica²⁶ e ao ensino superior com a criação de novas unidades universitárias na rede pública federal²⁷, a promoção de programas de acesso à rede privada²⁸ e o desenvolvimento de políticas afirmativas de acesso e permanência à universidade (BRASIL, 2014).

Na sequência, na tabela I, apresentamos a nossa releitura do panorama apresentado por Krasilchik (1987), Carvalho e Vanuchi (1995) e Cortela e Nardi (2016) ampliando ainda mais o quadro proposto pelas autoras e autor nesses trabalhos sob a forma de quadro descritivo, no qual constam aspectos associados aos momentos históricos vividos no Brasil e no mundo, além dos aspectos educacionais relevantes aos períodos delimitados.

26 Entre os anos de 1984 e 2016 o acesso de estudantes entre 7 e 14 anos à escola básica aumentaria de 80% para 98,5% (SIMÕES, 2016).

27 Ampliação do número de unidades das universidades federais e criação/expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (BRASIL, 2014, p. 32).

28 Programas de bolsas de estudo parciais ou integrais (PROUNI) e programas de financiamento estudantil (FIES) (BRASIL, 2014, p. 12).

	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Situação Mundial	Efeitos da 1ª Guerra Mundial; Depressão Econômica; Quebra da Bolsa de Nova Iorque;	Ascensão do Nazifascismo; Início da 2ª Guerra Mundial;	Ataques Nucleares; Fim da 2ª Guerra Mundial; Reconstrução dos países afetados;	Reconstrução de países afetados pela 2ª Guerra; Guerra Fria; Lançamento Sputnik;	Crise Energética; Corrida Espacial; Viagem à Lua; Ditaduras latino-americanas (ingerência política EUA);	Crises mundiais do petróleo; Primeiro Microprocessador;	Tensão elevada (Guerra Fria); Competição Tecnológica; “Década perdida” na América Latina; Desastre de Chernobyl;	Queda do muro de Berlim; Fim da Guerra Fria; Globalização; Problemas Ambientais; Popularização do Computador pessoal;	Atentados Terroristas; Invasão Americana Afeganistão/Iraque; Crise Financeira 2007-2008;	Primavera Árabe; Crise Migratória na Europa; Atentados Terroristas; BREXIT; Pandemia (COVID-19); Depressão Econômica;	
Situação Brasileira	Transição socioeconômica (Fim da hegemonia cafeeira); Semana de Arte moderna de 1922	Revolução de 30; Transição: Agropecuária => Industrialização; Urbanização; Revolução de 32; Constituição de 1934;	Criação do Salário Mínimo; Participação do Brasil na 2ª Guerra Mundial; Estado novo; Constituição de 1946;	Industrialização e Urbanização; Criação do BNDES e da Petrobras; Criação de Brasília;	Tentativa de golpe 1961 (Campanha da legalidade); Golpe Militar de 1964; Ditadura Militar; Perseguição e Violência políticas;	Ditadura Militar; Construção de Itaipu; Programa Nuclear Brasileiro; Concentração de renda;	Depressão Econômica; Movimento Diretas já; Redemocratização; Hiperinflação; Constituição de 1988; Eleições diretas (1989);	Impeachment de Collor; Estabilização Econômica; Democracia neoliberal; Privatizações; Concentração de renda.	Democracia neoliberal com características sociais; Concentração de renda	Democracia neoliberal com características sociais; Depressão Econômica; Impeachment de Dilma Rousseff; Ascensão do populismo de extrema-direita;	
Objetivos do Ensino de 1º e 2º graus	Formar elites; Tentativas de democratização e combate ao analfabetismo;	Formar elites; Tentativas de democratização e combate ao analfabetismo; Formação para o Trabalho;	Formar elites; Formação para o Trabalho;	Formar elites; Formação para o Trabalho;	Formação para o Trabalho; Controle Social;	Formação para o Trabalho; Controle Social;	Formação para o Trabalho;	Formação cidadã; Formação para o Trabalho;	Formação cidadã; Formação para o Trabalho; Formação de Elite Universitária;	Formação cidadã; Formação para o Trabalho; Formação de Elite Universitária;	
Leis ou movimentos que regem a Educação	Reformas Educacionais nos estados;	Manifesto dos Pioneiros; Anteprojeto da 1ª LDB	Discussão do Anteprojeto da 1ª Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB);	Discussão do Anteprojeto da 1ª Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB);	Aprovação da 1ª LDB (4026/61); Reforma Universitária (5540/68);	Aprovação da 2ª LDB (5692/71) e “remendos” em seu texto	“remendos” no texto da LDB; Propostas curriculares estaduais	Aprovação da 3ª LDB (9364/96); Década da Educação; Parâmetros Curriculares nacionais	Diferentes propostas - Secretarias de Estado; da Educação; Fundo de Manut. e Desenv. da Educ. Básica (FUNDEB).	PNE; Renovação; do FUNDEB.	
Objetivos da renovação do ensino de Ciências	Promover saúde, higiene e trabalho;	Propedêutico;	Propedêutico;	Transmitir informações; Programas rígidos;	Vivenciar o método científico;	Pensar lógica e criticamente	Profissionalizante em nível médio	Desenvolvimento científico e tecnológico	CTS	CTS e Meio Ambiente; ética, tolerância às diferenças	
Visão de Ciência no currículo da escola de 1º e 2º graus	Atividade Neutra;	Atividade Neutra;	Atividade Neutra;	Atividade Neutra; ênfase no produto;	Histórica, enfatizando o processo	Evolução histórica Pensamento Lógico-crítico		Atividade com implicações sociais			
Tendências para o ensino	Otimismo pedagógico; Defesa abrangente da Instrução Pública; Prática Tradicionalista;	Otimismo pedagógico; Defesa abrangente da Instrução Pública; Prática Tradicionalista;	Tradicionalista => Escolanovista	Tradicionalista => Escolanovista => Comportamentalista	Tradicionalista => Comportamentalista => Tecnista	Tradicionalista => Comportamentalista => Tecnista	Construtivismo piagetiano	Cognitivismo pós-Piagetiano => Sociocultural	Sócio-interacionismo => Competências e Habilidades => Neotecnismo.		
Formação de Professores	Licença para ensinar emitida por concursos da escola Normal	Improviso	Improviso e capacitação Sistema “3+1”; Licenciaturas plenas;	Licenciaturas Plenas	Licenciaturas Plenas	Proliferação de escolas particulares	Programas de Atualização; Licenciaturas Curtas, prof. “polivalente”	Licenciaturas Curtas => Licenciaturas Plenas => Formação à Distância	Diretrizes Curriculares para Formação de Professores, Licenciaturas plenas Formação à distância		
Instituições que influenciaram nas mudanças	Secretarias de Instrução Pública dos estados e do Distrito Federal	Secretarias de Instrução Pública dos estados e do Distrito Federal	Associações científicas e instituições Governamentais	Projetos Curriculares	Associações Profissionais, Sociedades científicas: PSSC, BSCS, CBA	Projetos e Organizações internacionais; Acordos MEC_ USAID	Acordos MEC USAID => Centros de Ciências e Universidades;	Associações Científicas e de profs. universitários	Associações Científicas e de profs. Universitários; MEC; SESU		
Metodologias Recomendadas	Aulas expositivas; Ênfase no conteúdo e na Memorização;	Aulas expositivas; Ênfase no conteúdo e na Memorização;	Aulas de laboratório, observação de fenômenos	Laboratório com observação + discussões		Aulas práticas, sequência fixa, método científico		Informática no ensino	Projetos e Discussões;	Jogos: exercícios no computador	

Quadro 1 - Evolução - Educação Científica (1920-2020) - Situação Mundial, Local, Mudanças Educacionais, Tendências de Ensino e Formação de Professores

Fonte: Adaptado de Krasilchick (1987) e Nardi e Cortela (2016)

Como aspectos gerais que extraímos desses e dos outros elementos apresentados nessas sínteses dos diversos períodos da educação científica brasileira, além da leitura pessoal acumulada em nossos anos de formação acadêmica, observamos que, em diversos momentos da nossa história, discursos inovadores acabavam colidindo com estruturas arcaicas e práticas arraigadas na forma que o país encontrou para educar seus cidadãos.

Em primeiro lugar, a partir do exposto anteriormente, é patente que iniciativas legislativas e administrativas bem-intencionadas nem sempre alcançavam seus objetivos, dado que diversos elementos ainda inexistentes na estrutura educacional no país eram imprescindíveis para pô-las em prática. Como destaque a esses elementos, observa-se o investimento limitado na formação docente e um baixo incentivo à inovação e à renovação de práticas de ensino, além da manutenção de estruturas socioeconômicas que dificultam o combate as desigualdades, diminuindo as chances de ascensão social de grande parte da população; aspecto que reflete diretamente nas condições de provimento de elementos que favoreçam o desenvolvimento cognitivo e possibilitem com que o professor possa se dedicar de forma mais direcionada aos aspectos conceituais e metodológicos do ensino.

Desse modo, uma crítica, aparentemente recorrente na retórica popular que, entretanto, ecoa com força na obra de históricos educadores brasileiros (WEREBE, 1966; FREIRE, 1959; 1987; 1996; SAVIANI, 1973; 1987), remete ao fomento à ignorância e à falta de instrução da população como estratégia de dominação e manutenção de estruturas opressoras. Indubitavelmente, uma população ciente de suas necessidades e direitos fundamentais e, para além disso, empoderada pelo conhecimento, não é conveniente a elementos que advogam uma conservação da realidade desigual da sociedade brasileira.

Reflexo desse tipo de mentalidade é observado no fato do currículo do ensino público ser constantemente atravancado por “inovações” representadas pelas disciplinas ditas “profissionalizantes”, enquanto a forma de acesso ao ensino Universitário, bem como as escolas particulares e cursinhos preparatórios, resistem a reformulações curriculares, perpetuando dessa forma ambientes restritos como formadores de certa elite intelectual do país, desacreditando para tanto ainda mais a escola pública brasileira (KRASILCHIK, 1987).

Fato intimamente ligado a esse mau hábito nacional e de evidente influência negativa na educação praticada no Brasil foi o forte retardamento do trabalho intelectual vivenciado em períodos autoritários como o iniciado em 1964 (ADUSP, 2004). A repressão à livre manifestação artística, política e acadêmica e a recorrente fuga de cérebros vivenciada durante

períodos dessa natureza, ou mesmo de discursos autoritários que fomentem ameaças de risco à vida, ou ainda o desprezo pelo conhecimento científico e seu consequente desfinanciamento, constitui elemento de relevante defasagem ao desenvolvimento de um povo e, em especial, da escola e das universidades públicas (TOLMASQUIM et al., 2014).

No que diz respeito às soluções didáticas colocadas em prática, em diversas oportunidades observa-se prioritariamente o recurso a materiais elaborados em outros países, relevando o conteúdo nacional a um segundo plano. O saldo nesse processo não seria, no entanto, negativo como observam Barra e Lorenz (1986, p. 1982):

Apesar de tais problemas, a introdução dos materiais Curriculares americanos no meio educacional brasileiro teve, de certa forma, um efeito positivo. Evidenciaram, pela sua organização, a importância do ensino experimental em Ciências e, ainda mais, o papel que bons materiais curriculares podem desempenhar, permitindo aos alunos a vivência do processo de investigação científica. Mostraram, também, os bons resultados que podem ser alcançados quando cientistas, professores e técnicos participam juntos da elaboração de materiais científicos destinados ao ensino de ciências.

Apesar disso, é relevante ponderar o fato desses materiais levarem certo tempo até serem traduzidos e eventualmente adaptados, o que de certa forma os tornaria, de partida, defasados. Por outro lado, percebe-se que momentos de valorização de iniciativas nacionais sucedem o reconhecimento da inadequação de materiais não pensados para a realidade brasileira. Nesse sentido, há de se investigar, inclusive, se não exista um caráter cíclico nessa mentalidade coletiva, associado também a fatores sociais, políticos e econômicos.

Como aspecto mais específico ao ensino de Ciências praticado no Brasil, verifica-se que, ao longo do tempo, no país, embora prevaleça um aparente consenso na retórica dos personagens do meio educacional (professores, cientistas, administradores etc.) de que promover o raciocínio lógico e fomentar um espírito científico crítico sejam os grandes objetivos do ensino das ciências, a realidade da prática escolar, bem como os resultados das inovações curriculares continuavam bem distantes das pretensões de seus responsáveis. Acerca disso, Krasilchik (1987) pontua algumas explicações para tal discrepância:

As propostas são aceitas em termos gerais, por influência de elementos estranhos ao sistema, mas suas leituras variam, levando a resultados diferentes, quando aplicadas. Pensar lógica e criticamente tem significados diferentes a nível prático. Uma outra possibilidade é que a concordância sobre os objetivos ocorre apenas na aparência, por imposição de modismos refutados a seguir, quando o professor tem o controle da situação.

Outra interpretação sugere que os objetivos são aceitos, mas os professores estão despreparados para transmitir o currículo de uma forma congruente com as propostas (KRASILCHIK, 1987, p. 02).

Ademais, fato não desprezível diz respeito a certo intervalo existente entre a elaboração e a consequente repercussão de pesquisas inovadoras, assim como de sua leitura e discussão por parte dos pesquisadores brasileiros. Como exemplo de tal morosidade, observa-se a anteriormente citada “redescoberta” dos trabalhos de Piaget na América do Norte nos anos 60, e, ainda mais adiante, somente nas décadas de 70 e 80, o reflexo desse referencial teórico nas pesquisas praticadas no Brasil teria seu alcance ampliado.

Falando mais especificamente do ensino de Física, importante evolução nos debates quanto ao desenvolvimento do ensino da Física no Brasil é observada por Carvalho e Vannuchi (1995) e por Nardi (2005) nos resultados dos encontros voltados aos professores e pesquisadores da área, tais como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), nos quais foram debatidos temas e desafios pertinentes à educação científica brasileira bem como a realidade do trabalho desenvolvido pelos docentes e grupos de pesquisa de todo o país.

Acerca desses, a profusão de estudos apresentados nas primeiras edições dos encontros é um dos fatores que permite observar a consolidação no Brasil da área de pesquisa em ensino de Ciências e, de forma mais específica, em ensino de Física. Tais elementos possibilitam ainda ponderar que essas áreas desenvolveram métodos e atributos particulares, acumulando relevante capital científico, dado que reverbera inclusive na participação de profissionais da área em importantes associações científicas como a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) (NARDI, 2005).

Parte desse desenvolvimento envolveu, nesse ínterim, políticas nacionais de incentivo a formação em nível de pós-graduação no Brasil e no exterior. Reflexo desse desenvolvimento foi a criação dos primeiros programas de pós-graduação em ensino de Física, com destaque aos programas do IFUSP e do IFURGS, responsáveis pela formação dos primeiros mestres e doutores nessa área no país.

Nesse contexto, portanto, reside o interesse dessa análise e, como é possível perceber na leitura do quadro proposto, o trabalho desenvolvido no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Universidade de São Paulo, vinculado ao IFUSP e a Faculdade de Educação se insere no período que Cortela e Nardi (2016) definiram em seu quadro histórico como de ênfase em pesquisas que levaram em conta, ou tiveram como referencial teórico o “Construtivismo Piagetiano”.

Em nossa releitura repetimos tal classificação e, a partir disso, pretendemos nos aprofundar no trabalho desenvolvido num lugar específico, em um momento específico da história do desenvolvimento de nossa área de pesquisa que tem, entretanto, importante capilaridade na pesquisa em Ensino de Física praticada no país, dado que boa parte dos indivíduos formados no contexto da pós-graduação do IFUSP, coordena hoje importantes centros de pesquisa do país.

3.2. O LaPEF

Fundado no final da década de 1970 pelos docentes da área de Metodologia do Ensino de Física, vinculados à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), o LaPEF (Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física) foi concebido para “[...] ser um local de diálogo e estudo e de pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem de ciências, voltado principalmente ao ensino de Física realizado no âmbito da escola pública” (CARVALHO, 2015) e, de certa forma, seu desenvolvimento se confunde com a trajetória da sua primeira coordenadora.

Anna Maria Pessoa de Carvalho, graduada em física (bacharelado e licenciatura) pela Universidade de São Paulo no ano de 1962; em 1973 concluiu seu doutorado em Educação, pela mesma Universidade, com a tese intitulada “*O Ensino de Física na Grande São Paulo: Estudo de um Processo em Transformação*”. Professora vinculada à USP desde o ano de 1964, com atuação de destaque nos programas de pós-graduação em Educação (FEUSP) e em Ensino de Ciências (Interunidades – FEUSP/IFUSP). Atuou como diretora da Faculdade de Educação entre os anos de 1994 e 1998; pertenceu à diretoria da Sociedade Brasileira de Física, sendo escolhida por esta como representante brasileira na *International Commission on Physics Education* (1991-2000); presidiu o Conselho Interamericano de Ensino de Física entre os anos de 1991 a 1993; integrante desde o ano de 2002 da Academia Paulista de Educação (CARVALHO, 2020).

Pioneira da área de ensino de Ciências no Brasil, tendo defendido a primeira tese de doutorado em Ensino de Física no país, no âmbito do LaPEF, a docente desenvolveu e coordenou inúmeras pesquisas associadas ao Ensino de Física para os diferentes níveis de escolarização, tendo participado de iniciativas de construção de propostas didáticas para a utilização em sala de aula nas aulas de Ciências e de Física e da elaboração e execução de projetos voltados à formação de professores dessas disciplinas, além de ter transitado ainda

por pesquisas de caráter mais geral em relação a temas pertinentes à educação científica. Em sua atividade junto aos programas de pós-graduação, participou como avaliadora em mais de 120 bancas de defesa de mestrado e doutorado, bem como atuou na orientação de 26 teses de doutorado e em 37 dissertações de mestrado contribuindo de forma significativa na formação de recursos humanos para a área de ensino de ciências. Além disso, sua produção acadêmica contribuiria de modo relevante na construção de conhecimento por meio da publicação de 24 livros, 60 capítulos de livros, mais de 120 artigos em periódicos nacionais e internacionais e mais de 100 trabalhos completos em congressos científicos mundo afora (ARROIO, 2019).

Primeira evidência das dificuldades enfrentadas pelos professores de Física e de Ciências no período que antecederia a fundação do Laboratório encontramos na fala da Prof.^a Anna Maria em entrevista realizada nas dependências do LaPEF em maio de 2019, na qual a docente descreveu um pouco acerca de sua trajetória como professora de Física da rede pública e da sua percepção do ensino de Física praticado naquele período:

O ensino de física em 80 estava muito longe (80, nós estávamos na ditadura né?). Então, o ensino de física na escola estava muito ruim. Foi quando em 60/70 e poucos tiraram, cortaram as aulas de física pela metade. Então, a gente (eu dava aula no fim dos anos 60), a gente tinha três e quatro aulas. Tinha três no primeiro colegial, que era o científico, três no segundo e quatro no terceiro. Depois veio uma reforma em 70 (eu não sei precisar a data, 72 ou 75), uma reforma do curso médio que uniu tudo; acabou com o clássico, com o científico, uniu tudo. Que é o que tem até agora. E as aulas de física ficaram duas, duas e uma, ou duas, duas e duas. Então, os professores ficaram desesperados. Eles, até a véspera eles tinham três, três e quatro e eles passaram a ter duas, duas e duas. [...] Então, o ensino de física ficou uma coisa louca. Nem os professores conseguiam dar a matéria (CARVALHO, 2019a).

Nesse contexto de enfraquecimento do ensino e de consequentes e crescentes dificuldades para os poucos professores de Física da época surge o Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Universidade de São Paulo, que se relacionaria inclusive com a concretização do projeto do programa de pós-graduação que integraria a Faculdade de Educação e o Instituto de Física. Tal associação e o consequente estabelecimento do programa de pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências contaria ainda com o trânsito da docente entre os dois seguimentos da Universidade:

Assim que terminei meu doutorado fui colocada entre dois fogos: o Instituto de Física e a Faculdade de Educação estavam discutindo a criação de uma Pós-Graduação Interunidades. Sendo a única física, filha do Instituto e professora da Educação, tinha obrigação moral de ajudar o Prof. Ernest Hamburger e D. Amélia Domingues de Castro a concretizar esse Programa. O Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, já pensado à época para congrega todos os Institutos Científicos que formam licenciandos, mas começando inicialmente, à duras penas, pela Física e Educação e há poucos anos ampliando para englobar

também os Institutos de Química e Biologia, proporcionou uma maior interação da Faculdade de Educação com as áreas científicas. Os mestres e doutores formados por esse Programa são hoje os líderes da Área de Ensino de Ciências nas Universidades desse Brasil (CARVALHO, 2019b).

Com efeito, o engajamento da docente possibilitou o estabelecimento de um ambiente de pesquisa que proporcionasse aos seus orientandos a integração entre diferentes perspectivas de pesquisa:

[...] a Faculdade de Educação [...] quando da sua reforma, nos proporcionou, aos professores de Metodologia de Ensino, os Laboratórios Didáticos. O meu, ou seja, o Laboratório de Física foi imediatamente renomeado por nós como Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – o LaPEF – e fui buscar dinheiro para reformá-lo de tal jeito que pudesse acolher os meus orientandos. Ter um local para os orientandos ficarem era muito importante para mim, pois o meu objetivo era formar um grupo de pesquisa onde um trabalho “falasse” com o do outro, que todos soubessem o que cada colega estava pesquisando, que as revisões bibliográficas e os referenciais teóricos fossem compartilhados, compreendidos e estudados pelo grupo e que um mestrado ou doutorado construísse um “degrauzinho” a mais no conhecimento de como ensinar e aprender Física. E isso só era possível se todos além de se conhecerem não só pessoalmente, mas também intelectualmente, tivessem uma amizade que permitisse as argumentações divergentes durante as discussões e que essas discussões fossem realizadas no grupo sem reservas e sem medo (CARVALHO, 2019b).

Dessa forma, como em outros grupos de pesquisa, o trabalho realizado no contexto do LaPEF buscava integrar as investigações desenvolvidas pelos docentes da universidade com o trabalho dos estudantes de iniciação científica e dos pesquisadores vinculados aos programas de pós-graduação. Além disso, os pesquisadores contavam ainda com a colaboração de professores de Ciências e de Física de escolas públicas que participavam de iniciativas de formação continuada e atuavam também como parceiros em pesquisas conjuntas desenvolvidas com o grupo de pesquisa tanto no Laboratório, quanto nas escolas da rede pública e no colégio de aplicação da USP. Essa integração mostrava-se de importante relevância para o estabelecimento de iniciativas de ensino inovadoras dado o contexto educacional dos anos anteriores ao início do trabalho do grupo.

A respeito desse trabalho heterogêneo envolvendo diferentes atores, a Prof^a. Anna Maria argumentou acerca da coordenação necessária de interesses para a análise de um determinado fenômeno de pesquisa:

Apesar de todos estarem interessados no mesmo fenômeno – o ensino e a aprendizagem nas aulas nos níveis fundamental e médio, o olhar de cada um dos grupos é muito diferente. O interesse de pesquisa dos professores está bastante direcionado à aprendizagem de seus alunos (aprenderam ou não?, quantos aprenderam?, aprenderam tudo o que ensinamos?), os pesquisadores do laboratório estão preocupados em entender o como se dá a relação ensino/aprendizagem (p. ex.

o papel da linguagem de alunos e professores em uma classe) e também estudar a própria formação continuada destes professores (CARVALHO, 2019b).

Do trabalho desenvolvido no contexto do LaPEF, a docente identifica pesquisas com três naturezas distintas: as investigações empreendidas pelos próprios professores da escola básica; as pesquisas realizadas pelos estudantes de pós-graduação partindo dos dados obtidos nas salas de aula desses docentes; e, por fim, a pesquisa proveniente das reflexões dos professores acerca de sua prática em sala de aula, que fomentariam iniciativas de formação continuada para outros docentes da rede escolar. Entretanto, como a autora pontua, as peculiaridades de cada frente de investigação não eram apenas definidas pelos seus respectivos responsáveis.

A diferença fundamental entre as pesquisas no ensino e sobre o ensino não se encontram em quem as faz, mas nos objetivos que pretendem alcançar. As duas constroem seus problemas e, conseqüentemente, retiram seus dados a partir das mesmas aulas, entretanto as pesquisas sobre o ensino pretendem estudar o “como” para chegar ao “porquê” os alunos aprendem, alcançando os conteúdos, habilidades e competências determinadas nas pesquisas no ensino (CARVALHO, 2015).

Como resultados das pesquisas realizadas no âmbito do LaPEF, destaca-se:

- A organização de material didático (material de apoio teórico e experimental) para escolas de ensino fundamental e médio;
- A produção de livros direcionados aos professores de Ciências e de Física; destaque fazemos à coleção “TEXTOS – Pesquisa para o ensino de Ciências”, resultante das teses e dissertações orientadas pela Prof.^a Anna Maria nos primeiros anos de trabalho do LaPEF, e de outras obras publicadas pela docente, como o livro “*Física: proposta para um ensino construtivista*” (CARVALHO, 1989), e em parceria com outros pesquisadores, como a obra “*Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico*” (CARVALHO et al., 2005);
- Uma coleção de vídeos, voltados à formação de professores, com a proposição de uma abordagem construtivista de ensino e pesquisa envolvendo vários conceitos físicos;²⁹
- Uma série de trabalhos publicados em diversos outros formatos (artigos, capítulos de livros, dissertações de mestrado, teses de doutorado etc.).

29 Material disponível para acesso em:
<http://www.lapef.fe.usp.br/index.php/videos-de-conhecimento-fisico-ensino-fundamental/>

Essas iniciativas contaram com fomento e colaboração de diferentes órgãos (*CNPq, FAPESP, CAPES, VITAE etc.*) e teriam seu alcance ampliado por meio de parcerias realizadas com as Secretarias de Educação da cidade e do estado de São Paulo.

A nosso ver, importantes nomes da pesquisa em Ensino de Física do Brasil foram formados no contexto de trabalho do LaPEF sob a supervisão da Prof^a. Anna Maria Pessoa de Carvalho e puderam ampliar os horizontes de pesquisa para a área, aportando ainda outras influências, bem como formando novos polos de investigação em outros centros do país.

Como exemplo de pesquisadores formados nos primeiros anos do grupo de pesquisa podemos citar figuras como Sônia Krapas Teixeira, Alberto Gaspar, Maria Lúcia Vital dos Santos Abib, Carlos Eduardo Laburú, Roberto Nardi, Odete Teixeira e Eduardo Fleury Mortimer. Nos últimos anos, importantes contribuições foram sendo aportadas por nomes de gerações posteriores como Lúcia Helena Sasseron.

Para nossa pesquisa, trazemos no ANEXO I uma relação das teses e dissertações produzidas pelos integrantes do LaPEF desde sua fundação, das quais procuramos selecionar um período de importância peculiar para a reflexão que aqui propomos.

Além disso, a discussão aqui iniciada abarcará, no próximo capítulo, outros elementos, especialmente relacionados às influências teóricas utilizadas pelos pesquisadores do grupo nesse momento importante de sua história.

4. GARCÍA, PIAGET E O LAPEF

4.1. Contextualização e Procedimentos Metodológicos

Conforme apontado anteriormente, o fenômeno analisado nesta pesquisa consiste na análise da influência da construção teórica elaborada em um período específico da escola de Genebra (colaboração Piaget-García) na produção científica empreendida em outro contexto de trabalho acadêmico, no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Universidade de São Paulo (LaPEF). Dois universos de pesquisas que se preocuparam com a questão da construção do conhecimento físico em diferentes níveis, e com diferentes focos; a nosso ver, o segundo se apropriando da construção do primeiro e expandindo-a.

Nossa tese consiste em verificar se essa influência no LaPEF da construção teórica realizada por Piaget e García é de fato percebida em diferentes frentes de investigação, que envolvem desde narrativas e relatos históricos acerca da produção realizada no grupo de pesquisa à análise dos documentos produzidos pelos seus integrantes, a fim de verificar se essa influência é de fato relevante e, além de tudo, quais elementos permitem caracterizar e fundamentar essa avaliação.

Essa investigação não envolve, portanto, nenhuma preocupação com uma representatividade quantificada, mas o foco em um entendimento aprofundado acerca de um grupo social específico, em um momento específico no tempo. Envolve portanto pessoas, fatos, ambientes, leituras, produção acadêmica; indicando dessa forma a abordagem da pesquisa qualitativa como provedora dos fundamentos metodológicos para o que se pretendeu elaborar nessa construção.

Entende-se que a pesquisa qualitativa proporciona instrumentos preciosos para responder essas questões de caráter muito particular a que nos propomos. Nesse sentido, elementos indicados na literatura como aspectos essenciais da pesquisa qualitativa, devem enriquecer o processo a ser descrito nessa investigação, com destaque: a apropriabilidade dos referenciais teóricos e a variabilidade de abordagens e métodos para a pesquisa; a atenção à perspectiva dos vários envolvidos no fenômeno social e de sua diversidade; e, de grande importância, na subjetividade, nas reflexões do pesquisador a respeito de sua investigação, de suas ações, observações, impressões, como parte relevante do processo de produção de conhecimento (FLICK, 2004).

Dois aspectos metodológicos principais nortearam a investigação. O Primeiro destes, envolveu a análise das experiências de sujeitos, de um grupo social; suas histórias, suas práticas e sua leitura acerca do fenômeno estudado.

Nesse sentido, a primeira etapa da investigação, na busca pelo entendimento de como se deu o encontro entre os universos de pesquisa descritos nos capítulos anteriores, envolveu uma imersão preliminar em boa parte dos materiais produzidos pelo LaPEF nos primeiros anos desde sua fundação, bem como em outras reflexões que envolviam análises próprias de seus integrantes acerca do que fora desenvolvido pelo grupo de pesquisa. Dentre esses materiais, estão incluídos teses e dissertações obtidas junto a biblioteca da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, livros, capítulos de livros e artigos resultantes desses e de outros trabalhos, além de uma coleção de vídeos produzidos em parceria com a fundação VITAE, como iniciativa para a formação continuada de professores de ciências (CARVALHO, 1983, 1986, 1989, 1992a, 1992b, 1993, 2011, 2012, 2015, 2017; CARVALHO et al 1991, 1992, 199vid; KRAPAS-TEIXEIRA, 1982; ABIB, 1983; TEIXEIRA, 1985; LABURU, 1987, 1993; VALLE FILHO, 1989; SILVA, 1989; KRAPAS-TEIXEIRA, 1989; NARDI, 1990, 1991, 1994; GONÇALVES, 1991; TEIXEIRA, 1992; CASTRO, 1993; MORTIMER, 1994, 1995).

Isto posto, nesse primeiro momento, fizemos uma leitura mais aprofundada de parte desse conjunto de textos, especialmente os elaborados pela Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, nos quais a pesquisadora fornecia informações acerca das pesquisas realizadas, bem como discorria sobre os referenciais teóricos tidos como importantes para o desenvolvimento dos trabalhos com seus orientandos. Com elementos obtidos por meio destas leituras, bem como com o panorama vislumbrado por intermédio das publicações citadas anteriormente, foi possível elaborar uma série de questões que resultaram num roteiro de entrevista a ser realizada com a Prof.^a Anna Maria (principal orientadora dos trabalhos realizados no LaPEF).

Após a elaboração do referido roteiro e feito o contato com a Prof.^a Anna Maria, nos encontramos com ela para a entrevista na tarde do dia 23 de maio do ano de 2019, na sala correspondente ao Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) situada em um dos edifícios da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP). Conforme o desenvolvimento da entrevista, a docente demonstrava entusiasmo em relembrar e relatar importantes acontecimentos ocorridos no contexto do grupo de pesquisa, destacando ainda aspectos teóricos que serviram de referência às pesquisas realizadas pelos seus orientandos do LaPEF, reportando, para tanto, importante retrato temporal do trabalho desenvolvido.

Essa entrevista foi gravada em vídeo para posterior análise e registro histórico; sua transcrição completa consta no APÊNDICE I (CARVALHO, 2019a).

A partir das respostas obtidas, pudemos ampliar nosso horizonte de pesquisa de forma a definir outros elementos relevantes para o entendimento desse momento histórico da pesquisa em ensino de Física praticada no país. Além disso, por meio de sua descrição das atividades de pesquisa do grupo, foi possível obter um panorama dos trabalhos realizados pelo grupo que se apropriaram de elementos encontrados na teoria produzida por Piaget e García e que foram objeto de nossa atenção específica na sequência desta investigação.

Outras fontes consultadas para essa descrição histórica foram registros de palestras ministradas pela Prof.^a Anna Maria, como em evento realizado na USP em homenagem ao centenário de Piaget (CARVALHO, 1996), entrevistas concedidas pela docente e, destaque especial, ao discurso proferido por ela em cerimônia realizada no ano de 2019, destinada a homenageá-la e a lhe conceder o título de professora emérita da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (CARVALHO, 2019b).

Para além disso, por meio de elementos extraídos da entrevista e de sugestões apontadas pela banca de qualificação, um segundo passo envolveu encontro com outro personagem relevante à nossa narrativa e associado aos personagens até agora descritos.

Lino de Macedo, psicólogo, professor aposentado da Faculdade de Psicologia, também da Universidade de São Paulo, importante representante e divulgador da teoria de Piaget em solo brasileiro, nos recebeu para uma conversa na qual descreveu acerca de sua relação de amizade com Rolando García e do esforço realizado em parceria com a Prof.^a Anna Maria para trazê-lo ao Brasil para compartilhar um pouco mais de sua produção com Piaget e, de forma geral, de sua perspectiva a respeito da epistemologia genética.

Não trazemos nesta pesquisa o registro desse encontro em virtude do caráter mais informal da conversa e da limitação de aspectos discutidos por ocasião do rápido encontro. Entretanto, relato semelhante ao abordado no diálogo encontramos na apresentação à Edição Brasileira do livro *“O Conhecimento em construção: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas complexos”* de Rolando García (GARCÍA, 2002):

Conheci pessoalmente o professor Rolando García em 1986, quando a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Faculdade de Educação, e eu, do Instituto de Psicologia, o convidamos para dar um curso de pós-graduação na Universidade de São Paulo. Nunca mais o abandonei como aluno, porque leitor de seus textos, e como amigo, por tudo o que depois compartilhamos em favor da pesquisa e divulgação da obra de Piaget, pelas conversas, pelo respeito e carinho, que distâncias no espaço e no tempo de nossas vidas nunca puderam prejudicar. Admiro

sua pessoa, sua competência didática, seu profundo e rigoroso conhecimento de filosofia da ciência e o domínio que possui da teoria de Piaget, sendo um dos últimos e, penso, um dos mais brilhantes co-autores dele, sobretudo na parte final de sua construção teórica (MACEDO, 2002).

A experiência corroborou com a nossa compreensão acerca dos eventos descritos em outras fontes e trouxe ainda elementos importantes à construção de nossa narrativa. Nesse sentido, aproveitamos a ocasião para expressar nossa gratidão ao Prof. Lino de Macedo pela gentileza e atenção dispensada nesse encontro.

Numa segunda etapa de investigação, partimos para a análise da produção acadêmica realizada pelo grupo de pesquisa, com destaque especial ao período destacado no capítulo anterior, situado entre os anos 80 e 90, como importante para o estabelecimento do trabalho do LaPEF e parte integrante do período que ficou caracterizado no quadro explicativo do terceiro capítulo como “construtivismo piagetiano” (CORTELA e NARDI, 2016).

Esse esforço envolveu, portanto, a investigação em documentos (no caso, as teses e dissertações produzidas pelos integrantes do grupo de pesquisa no período analisado) considerados como formas de constituição de processos sociais (FLICK, 2004).

A relação completa de teses e dissertações produzidos no LaPEF pôde ser obtida por meio eletrônico na página de divulgação do grupo de pesquisa e consta no ANEXO I para conferência do leitor.

Nossa opção para esta análise foi, com base na extensa relação de trabalhos produzidos pelo grupo, delimitar a atenção de nossa investigação à produção acadêmica realizada no primeiro decênio de trabalho do grupo (época coincidente com o curso ministrado por Rolando García na Universidade de São Paulo) e na qual destacamos uma sequência relevante de trabalhos associados à psicogênese de conceitos físicos.

As teses e dissertações, localizadas na biblioteca da Faculdade de Educação da USP, foram digitalizadas para posterior leitura e análise. A fim de obter outros possíveis elementos, buscamos também ampliar o alcance de nossa leitura por meio de publicações derivadas dessas pesquisas (artigos, capítulos de livros, livros etc.). Como síntese do caminho percorrido nesta etapa elencamos os passos:

- i. Levantamento na página do LaPEF sobre a produção das teses e dissertações produzidas pelo grupo;
- ii. Realização de recorte temporal na produção do grupo a ser considerada;
- iii. Seleção e leitura dos trabalhos que versavam sobre a psicogênese de conceitos físicos;

- iv. Resumo dos principais aspectos discutidos nos trabalhos;
- v. Identificação dos elementos nos trabalhos que permitem observar reflexos da leitura do referencial teórico considerado por parte do grupo de pesquisa;

Nesse período considerado, um trabalho não relacionado no catálogo de teses e dissertações realizadas pelos orientandos da Prof.^a Anna Maria, mas que acreditamos ser importante para nossa reflexão, foi a pesquisa desenvolvida pela própria docente por ocasião de sua tese de livre docência, a qual é também publicada por ela no livro “*Física: Uma proposta para um ensino Construtivista*” (1989) e que incluímos no rol de leituras e análise nesta etapa.

Além deste, outros trabalhos desenvolvidos pelo grupo nesse período também foram publicados em uma série de livros intitulada: “*Textos – Pesquisa para o ensino de ciências*”, da qual tivemos acesso apenas aos volumes correspondentes aos trabalhos desenvolvidos por Abib (1988), Silva (1990) e Nardi (1990).

Dessa forma, a relação de pesquisas analisadas em nossa investigação nessa segunda etapa, ficou definida da seguinte maneira:

1983:

Maria Lúcia Vital dos Santos Abib – *A interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de física*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1985:

Odete Pacubi Baiarl Teixeira – *Desenvolvimento do conceito de velocidade: um estudo a partir de questões típicas da sala de aula*. 1985. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1986:

Anna Maria Pessoa de Carvalho – *A formação do conceito da quantidade de movimento*. Tese de Livre docência. 1986 / Livro: *Física: Proposta para um ensino construtivista*. 1989. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo).

1987:

Carlos Eduardo Laburú – *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes*. 1987. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1989:

Moacyr Ribeiro do Valle Filho – *Estudo psicogenético da noção de centro de massa: uma contribuição para o ensino da Física*. 1989. Tese de Doutorado em Educação.

Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Gilmar Trivelato – *Conservação e modelo corpuscular: um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria*. 1989. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Dirceu da Silva – *Um estudo psicogenético da velocidade angular e a construção de seu ensino*. 1989. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho. Livro: *O ensino Construtivista da Velocidade Angular* (1990).

1990:

Roberto Nardi – *Um estudo psicogenético das ideias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito*. 1990. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho. Livro: *Campo de Força: subsídios Históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito* (1990).

1991:

Maria Elisa Rezende Gonçalves – *O conhecimento Físico nas primeiras séries do Primeiro grau*. 1991. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Para a análise dos trabalhos, optamos por uma descrição em forma de texto, buscando proporcionar ao leitor uma leitura agradável e um encadeamento de elementos importantes para a construção de nossa narrativa.

Como destacado na nossa introdução, nossa tese consiste em afirmar que é aparentemente consenso, em nossa área de pesquisa, que o grupo orientado pela Prof.^a Anna Maria possui forte vínculo com a teoria piagetiana, e fez importante uso de diversos elementos desta, os quais foram importantes para o estabelecimento de um marco teórico referencial para o trabalho do LaPEF. Entretanto, sendo este um grupo de pesquisa em ensino de Física, destacamos que a bibliografia utilizada pelos pesquisadores na construção de uma base para as pesquisas que se seguiram envolveu, em especial, além da leitura de obras célebres da produção de Piaget, elementos significativos da produção deste com um físico, Rolando García.

Outros trabalhos e iniciativas interessantes se seguiram ao período selecionado para essa análise; dessa forma, no item final deste capítulo apontamos outras teses e dissertações produzidas pelo LaPEF, além de implicações interessantes dos períodos seguintes do trabalho

realizado pelo grupo orientado pela Prof.^a Anna Maria, os quais apontamos como reflexos dos elementos observados nessa nossa análise da produção acadêmica do grupo de pesquisa. Dentre esses, destaca-se a iniciativa articulada no LaPEF, voltada à formação continuada de professores de ciências, de um conjunto de vídeos produzidos no final dos anos 90, início dos anos 2000 (CARVALHO et. al, 1998)

Como esforço de investigação paralelo a este desenvolvimento, nossa narrativa pôde ser ainda mais enriquecida com breve período de pesquisa junto aos *Archives Jean Piaget* da *Université de Genève (UNIGE)*, no qual obtivemos acesso a arquivos que iluminaram de forma especial a importância da parceria entre Piaget e García para o enriquecimento da Epistemologia Genética, em especial do entendimento acerca dos mecanismos característicos de construção do conhecimento na criança e na história da ciência.

Como destaque dessa frente de estudo, trouxemos para esta tese, como visto no capítulo 2 (dois), a transcrição do áudio do curso realizado no Centro Internacional de Epistemologia Genética (GIEG), na Universidade de Genebra, no ano de 1982 (pouco tempo depois da morte de Piaget), no qual o Dr. Rolando García expôs acerca do contexto de trabalho desenvolvido com Piaget, no esforço que resultaria na publicação de “*Psicogénesis e Historia de la Ciencia*” (PIAGET e GARCÍA, 1982).

Nesse sentido, aproveitamos a ocasião para novamente agradecermos a toda a equipe dos *Archives Jean Piaget* por nos proporcionar essa oportunidade de imersão no universo de trabalho desses grandes pensadores de nossa história.

4.2. Elementos Entrevista (Anna Maria Pessoa de Carvalho)

Conforme destacado no capítulo 3 (três), no que diz respeito ao contexto do trabalho científico realizado na área de ensino de Física, nos primeiros anos do Grupo de Ensino do IFUSP os trabalhos desenvolvidos tinham uma ênfase comportamentalista, posta em evidência pela execução dos projetos de ensino nacionais como PEF e FAI¹.

Com o passar dos anos, o foco da pesquisa na área caminharia para outras perspectivas, com destaque as pesquisas relacionadas a conceitos espontâneos e mudança conceitual, como destaca Carvalho (1992):

Esta questão, que estuda a mudança conceitual no ensino de Ciência, está sendo amplamente pesquisada por grupos internacionais e também nacionais [...] Apesar de todos admitirem os pressupostos acima e darem bastante ênfase à História e Filosofia das Ciências como uma das diretrizes do planejamento destas pesquisas (e conseqüentemente deste ensino), alguns tomam como base teorias psicológicas diferentes (Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky) para responder a uma questão anterior: “como o sujeito constrói o seu conhecimento?”.

Reflexo desta perspectiva é possível perceber em primeiro trabalho orientado pela Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho no LaPEF², cujo contexto ela destacou na nossa entrevista:

A Sônia foi minha primeira orientanda, então só tinha um! [...] Você vê que é “Noções espontâneas acerca de fenômenos da luz” (KRAPAS-TEIXEIRA, 1982). A Sônia estava entre conceito espontâneo e Piaget; noções espontâneas. Então ela usou a ideia dos conceitos espontâneos. Como são os modelos que os alunos fazem? Mas usou a metodologia do trabalho nosso de, invés de fazer, que o conceito espontâneo tinha uma metodologia.

Tem artigo meu comparando as duas metodologias: a metodologia do conceito espontâneo era escrito, passava um escrito, um teste escrito e você fazia o trabalho de a primeira pergunta em todos os alunos (como é que eles respondiam?). Não aluno por aluno. E eu não estava interessada no conteúdo, eu estava interessada como é que o indivíduo pensava. Então não podia fazer a primeira pergunta para toda [...] a segunda para toda. Isso dava como o conteúdo era visto. Então a metodologia foi: entrevistas e análises de todas as entrevistas, para fazer o modelo que eles pensavam. Mas saiu ainda modelo de conceito espontâneo (CARVALHO, 2019a).

Apesar disso, em artigo divulgado pelas autoras acerca desse trabalho, uma das referências apresentadas como de contribuição significativa para a estruturação da metodologia de pesquisa eram as ideias de Piaget, dado que essa perspectiva evidencia os modelos rudimentares que a criança cria espontaneamente.

1 Projeto de ensino de Física (PEF) e Física Auto-Instrutivo (FAI).

2 “O estudo das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos a luz em alunos de 11-18 anos” (KRAPAS-TEIXEIRA, 1982).

Interessante destacar, dado reportado por CARVALHO (1992) e reforçado pela docente na entrevista, que as pesquisas sobre conceitos espontâneos exerceriam certo papel de desequilíbrio para o trabalho desenvolvido no contexto LaPEF:

[...] o “conceito alternativo” em Ciências, em Física principalmente, foi muito forte. A discussão sobre conceitos alternativos foi muito forte; teve muitas teses, a Viennot veio a São Paulo e eles não eram Piagetianos, eles na verdade não davam fundamentação teórica nenhuma [...] eles não mostravam fundamentação teórica. Mas eles mostravam dados muito importantes, quer dizer: quando você faz uma pesquisa que você vê que alunos da faculdade tem conceitos espontâneos de força, você desequilibra. Então desequilibrou: “pra onde nós vamos?”. Apesar do grupo que sempre me fez não aceitar muito [...] porque eu não via o referencial teórico. Nunca me mostraram, nunca discutiram. Nos livros que eu tenho sobre conceitos espontâneos (eu estudei bastante conceitos espontâneos) [...] só tem dados, não tem referencial teórico nenhum. Isso me deixava, como vou dizer, sem vontade de abraçar aquilo porque eu sou muito teórica; eu gosto dos dados mas gosto da teoria também (CARVALHO, 2019a).

Na entrevista, portanto, a docente reporta forte insatisfação com as pesquisas em conceitos espontâneos, especialmente quanto à ausência de fundamentação teórica para aprofundar a compreensão acerca do problema de como o aluno aprende. Dos referenciais considerados pelo grupo ao longo de seu desenvolvimento para a resposta da questão da construção do conhecimento, a Prof.^a Anna Maria destaca na entrevista, Piaget e Vygotsky.

Exemplo desse envolvimento entre referenciais teóricos, entendemos ser o Prof. Dr. Alberto Gaspar, importante pesquisador brasileiro do ensino de Física, também aluno da Prof.^a Anna Maria, que, por ocasião de sua dissertação de mestrado planejou “*Uma nova proposta curricular de física para o ensino de 2o grau*” (GASPAR, 1983), com aparente influência piagetiana em sua construção, mas que posteriormente seria reconhecido como importante divulgador no Brasil da teoria de Lev S. Vygotsky (GASPAR, 2014). Além dele, a própria Prof.^a Anna Maria afirma em outros pontos da entrevista que se apropria de elementos da construção teórica de Vygotsky para pensar o ensino de Física, o que demonstra certo caráter flexível da área de pesquisa no que se refere à possibilidade de trabalho com diferentes referenciais teóricos.

A saída encontrada para o ponto de desequilíbrio, como indicam as falas docente, não estaria no estudo exaustivo acerca de conceitos espontâneos, mas para ela, o foco deveria ser investigar a raiz de como nasceram os conceitos. Nesse sentido, duas possibilidades de investigação se abriam para responder à questão citada anteriormente (“como o sujeito constrói o conhecimento?”): a história da ciência e a psicogênese.

[...] as pesquisas em conceitos alternativos desequilibraram o nosso grupo [...] a História e a Filosofia das Ciências não só nos trouxeram as explicações necessárias

para entendermos o fenômeno da resistência desses conceitos ao ensino em sala de aula, mas também nos reequilibraram, mostrando caminhos para, juntamente com a teoria piagetiana, planejarmos um ensino visando a uma mudança do conceito espontâneo para conceito científico (CARVALHO, 1992).

Nesse sentido, a bibliografia produzida pela docente e pelos seus orientandos ao longo dos anos, com destaque ao primeiro decênio de produção acadêmica (ABIB, 1983; TEIXEIRA, 1985; CARVALHO, 1986; 1989; 1992; LABURÚ, 1987; TRIVELATO, 1989; SILVA, 1989; VALLE FILHO, 1989; NARDI, 1990; KRAPAS-TEIXEIRA, 1989; GONÇALVES, 1991; CARVALHO, CASTRO, LABURU e MORTIMER, 1992; LABURU, 1993; CASTRO, 1993) indica a opção do grupo pela Epistemologia Genética como fundamentação teórica para a explicação do problema de como o sujeito constrói o seu conhecimento, dado que, de partida, esta teoria não se constituiria como fator limitador, mas, pelo contrário, uma perspectiva aberta a caminhos interdisciplinares (CARVALHO, 1992; CASTRO, 1992).

A trajetória da docente e de seu grupo até a escolha de um marco teórico referencial teve suas peculiaridades e pode ser observada nas falas da pesquisadora, com destaque a especial referência à sua orientadora de doutorado, a Prof.^a Dr.^a Amélia Americano Franco Domingues de Castro:

Olha, eu tive muita influência da minha orientadora que era piagetiana. Então, de Piaget eu conhecia bastante; eu acreditava, eu lia, eu conhecia os trabalhos de Piaget e me sentia mais forte nos trabalhos de Piaget do que nos outros autores. [...] Dona Amélia Domingues de Castro, que foi minha orientadora de doutorado, era piagetiana; no meu curso de Pós-graduação, nós estudamos bastante Piaget e eu me sentia mais forte nessa teoria. E eu gostava, acreditava, era uma teoria muito forte pra mim (CARVALHO, 2019a).
[...] Porque quando eu estudei isso, eu estudei pelo caminho da Dona Amélia que discutia com a gente. Dona Amélia era de formação de geografia mas ela estava na faculdade de educação há muitos anos, trabalhando. Então era mais pedagoga, psicóloga, estudando Piaget (CARVALHO, 2019a).

Destaca-se também em seus relatos o fato de não ser comum até então, no universo da pesquisa em ensino de Física no Brasil, uma abordagem apoiada numa perspectiva piagetiana e a prevalência de pesquisas voltadas para o estudo de conceitos espontâneos:

[...] naquela época era uma época que todo mundo não gostava do Piaget. Não gostavam. [...] Então, ninguém mais lá trabalhava com Piaget. Como eu te falei, era difícil até publicar. A gente publicava muito em outros lugares, porque não era aceito muito Piaget. É mais aceito hoje, do que há vinte anos. É mais aceito hoje do que antigamente. Hoje não tem mais aquela briga de Piaget e Vygostky; não tem mais a briga intelectual entre conceitos espontâneos e psicogênese, sabe? Lá o grupo todo era de conceito espontâneo (CARVALHO, 2019a).

Fato que gerava dificuldades a seus orientandos:

[...] a gente nem chamava de psicogênese: a gente chamava as “noções e concepções da criança e do adolescente sobre decompositores”. [...] Então a gente não usava quase o termo psicogênese, e eu mais como escrevia, escrevia psicogênese, mas eu não deixava meus alunos escreverem: eles não iam tomar porrada não!

Entrevistador: O trabalho de Nardi (1990) tem isso no nome: “Estudo Psicogenético”.

Anna Maria: É! Mas também foi um dos primeiros. Também tomou na hora! Então os próximos, eu já “[...] vamos ver “estudo do comportamento, das noções [...]”. E o Nardi era mais velho [...] Ele sabia [...], quando ele veio, já veio do doutorado: ele sabia se defender! Bom, [...] quando ele foi fazer o doutorado, ele entrou com esse projeto. A banca era toda de conteúdo, de conceito espontâneo, e daí breiou: ele quase não entra no doutorado! Ele precisou mudar o projeto para poder entrar, porque a banca que era [...] muito mais fortemente ligada a corrente dos conceitos espontâneos (porque tem isso na universidade – eu achava uma idiotice, achava uma bobagem isso!). E eu sei que, quando ele saiu [...] que mudou, que entrou no doutorado, ele não quis fazer (CARVALHO, 2019a).

Em outro ponto da entrevista, além dessa relato de enfrentamento entre as diferentes perspectivas, a pesquisadora destaca ainda o caráter solitário na discussão do referencial no grupo de pesquisa:

Eu não tinha uma pessoa pra eu discutir por que o grupo da Física com que eu trabalhava na Pós-graduação interdisciplinar era todo dirigido por conceito espontâneo. Lá só eu era piagetiana, então eu não tinha muito com quem discutir. Eu discutia com meus orientandos que estavam começando, que não sabiam nada; o que eu falasse era [...] então não era, assim, uma discussão. Isso é muito complicado (CARVALHO, 2019a).

Além disso, no que diz respeito aos elementos da teoria de Piaget absorvidos pelo grupo de pesquisa, a docente argumenta que o referencial fora incorporado pelos pesquisadores de forma gradativa, partindo inicialmente de uma perspectiva mais geral da teoria de Piaget em direção a elementos mais específicos ao tratamento da construção das noções físicas.

No início, como não podia deixar de ser, começamos nossas pesquisas com o Piaget de D. Amélia, minha orientadora de doutorado, e buscamos entender como as crianças e adolescentes construíam os conceitos físicos que estavam no cotidiano dos sujeitos. Até hoje temos na salinha do LaPEF um quadro que mostra a evolução do conceito de campo gravitacional resultado de um dos doutorados do grupo (CARVALHO, 2019b).

Como momento de destaque nessa evolução, outro episódio é destacado pela pesquisadora tanto em nossa entrevista como no seu discurso na cerimônia em sua homenagem:

O direcionamento das pesquisas do LaPEF várias vezes sofreu inflexões importantes por problemas trazidos por novos orientandos. Assim passamos quase sem perceber, pois os dois temas estavam interligados, das pesquisas em evolução dos conceitos para a evolução histórica dos conceitos físicos e o entendimento dos alunos sobre os textos originais dos cientistas propositores desses conceitos. Foi uma fase muito rica e produtiva. Mas a inflexão mais forte e duradora foi trazida por uma mestranda que chegou com um problema muito confuso de formação em ensino de física para professoras primárias, mas depois de muita discussão no LaPEF conseguimos propô-lo da seguinte forma: os alunos do primeiro ciclo do ensino fundamental conseguem explicar os fenômenos físicos? (CARVALHO, 2019b).

[...] Maria Elisa Resende Gonçalves, que fez as primeiras atividades, pras primeiras séries do primeiro grau, hoje ensino fundamental I. Ela tem um capítulo inteiro do Piaget, do García [...] Foi muito interessante: ela entrou querendo saber (ela que dava aula pra “normal”. Ela entrou querendo saber que Física dava para as professoras normalistas que tinham um ano só de ciências, de Física e tinha que ensinar quatro anos, e nós fomos fazer uma revisão bibliográfica.

A revisão bibliográfica era uma confusão. Cada autor dizia que devia dar isso ou aquilo, mas nenhum autor dava uma justificativa que nos convencesse. Então um dia numa discussão grande aqui no laboratório, com todo mundo, alguém disse: “E os alunos? O que sabem? Você, a professora vai dar aula para os alunos e os alunos aprendem o quê?”. Aí nós abrimos a boca: “O que o aluno aprende?” E começamos a pensar nos alunos. E foi muito interessante!

O mestrado dela abriu caminho para um mundo de pesquisas. A partir do trabalho dela nós começamos a fazer pesquisas com alunos: “como é que ele entende?”. Vimos uma coisa muito importante (CARVALHO, 2019a).

Nesse sentido, o que destacamos das falas da pesquisadora é o seguinte: o desafio posto para o grupo de pesquisa não estava apenas relacionado à construção do conhecimento de forma geral e suas possíveis implicações para o ensino da Física do Ensino Médio, mas de forma mais ampla, à compreensão do que se esperava que os alunos fossem capazes de fazer ao compreenderem uma noção Física e, dessa forma, repensar o ensino dessas noções a partir dessa perspectiva.

Em outras palavras, o esforço passa a ser a direcionado ao entendimento acerca do que seria uma “explicação física” e, de forma mais específica, ao buscar que um estudante aprenda, que ele construa um determinado conhecimento científico, deve-se buscar a construção de explicações causais.

Nesse sentido, o grupo se volta de forma mais orientada a outro estrato da produção de Piaget e colaboradores e, nesse contexto, a docente aponta a participação especial de Rolando García:

[...] Nunca tínhamos trabalhado nesse nível de ensino. Física é conteúdo de grau médio. Esse era um problema para nós também. E o que é uma ‘explicação física?’.

Voltamos de novo a Piaget, a Rolando García, trouxemos García para um curso na Faculdade de Educação e dessa vez não só um mestrado foi defendido, mas conseguimos verba para a produção de quinze vídeos, todos realizados durante o

ensino de experiências físicas em sala de aula de diversas professoras do fundamental I em escolas oficiais da cidade de São Paulo. Esses vídeos tiveram muita repercussão entre as professoras e também na Secretaria e Ministério da Educação (CARVALHO, 2019b).

Da fala da docente, entende-se que o trabalho do LaPEF buscou abarcar outros elementos da Teoria produzida pela Escola de Genebra e, como visto na afirmação anterior, figura de destaque nesse momento do trabalho do grupo, ao lado de Jean Piaget, foi o físico argentino Rolando García que, além de servir de referencial para o grupo pensar a construção das noções físicas, seria ainda convidado a contribuir pessoalmente com o grupo por meio de curso ministrado na Universidade de São Paulo no ano de 1986:

[...] A influência foi principalmente do García. Quer dizer, foi mais ou menos. Quando foi na época mais ou menos que eu fiz aquele evento, um centenário do Piaget. Eu fiz um grande evento no Brasil, aqui em São Paulo, que eu coordenei. Eu e o Prof. Lino de Macedo (da psicologia) coordenamos um encontro pra discutir em homenagem. E nesse encontro, nós convidamos o Prof. Rolando García. Ele veio falar num encontro de homenagem pra Piaget e deu um curso aqui pra nós sobre a Psicogênese da Ciência. O que foi maravilhoso! [...] todo mundo estava nessa ideia de estudar não o conceito espontâneo, mas de estudar as raízes de como nasceram os conceitos.

Daí, foi a influência de nós procurarmos ver como os conceitos de Física, de um lado, como ele nasceu na História da Ciência e, de outro, como a Psicogênese desses conceitos em alunos. Piaget não trabalhava com alunos, trabalhava com indivíduos. Nós trabalhamos com alunos, de sala de aula, fazíamos entrevistas, sobre esse conceito. Isto foi muito importante.

Então, de um lado foi a minha tese de Livre-docência que eu fiz sobre quantidade de movimento, fiz a parte histórica de quantidade de movimento pra mostrar que o conceito espontâneo de força ficava na minha cabeça mostrar que não nasceu força, nasceu quantidade de movimento.

[...] Com isso, nosso grupo passou a estudar a psicogênese dos conceitos físicos. Ali ((apontando para a parede numa ilustração em um quadro)) está o que era de “campo”, do Nardi, que estava estudando a noção de “campo”. Outro estudou a velocidade, outro estudou a aceleração. [...] Um orientando estudou o conceito de aceleração: a parte história e depois a psicogênese. E foi muito difícil! Porque o aluno que saía da aula de física não conseguia ver a aceleração no movimento (CARVALHO, 2019a).

Sobre o curso ministrado pelo Dr. Rolando García na Universidade de São Paulo, encontramos apenas o trecho já destacado do Dr. Lino de Macedo e o extrato a seguir de um artigo publicado na revista “Psicologia: Ciência e Profissão”:

A Psicologia Escolar apresenta-se hoje como uma área multifacetária, sendo necessário permitir essa diversidade para defini-la, deveríamos ter definição como ponto de chegada e não de partida. Como relembrou Rolando García, em conferência no 2º semestre de 1986 no Instituto de Psicologia da USP, “a ciência é um produto social e a direção que a mesma toma é produto de fatores e problemas geralmente extra-ciência, os quais caracterizam a demanda social” (LEITE e GUIRADO, 1987).

A obra de Piaget e García foi destacada de forma especial pela Prof.^a Anna Maria em palestra realizada pela docente em evento realizado no memorial da América Latina em homenagem ao centenário nascimento de Piaget (CARVALHO, 1996) no qual daria especial destaque a essa obra, destacando a conclusão “[...] o aluno quando entende um conceito físico, fornece uma explicação causal”, como importante para o desenvolvimento de uma rotina de pesquisa / ensino:

Ao querer que o aluno (a criança) construa um conhecimento científico, nós temos que procurar que essa criança, que esse adolescente, cientista dê explicações causais. A construção de uma causalidade, de uma explicação para aquele fenômeno. A construção do conhecimento se faz quando o indivíduo consegue construir um “porquê”, dentro de uma sistematização científica.

Muitos dos trabalhos de Epistemologia Genética foram feitos a partir de conceitos de ciências, principalmente de conceitos físicos (velocidade, espaço, tempo, movimento, força, vetor, calor temperatura), [...] todos esses conceitos foram sistematizados numa belíssima obra de Piaget e García: “As explicações causais” [...] todos os alunos que vem pesquisar a construção de algum conceito eu primeiro falo pra eles pesquisarem, porque provavelmente Piaget ou o grupo dele já estudou esse conceito, e como é o seu desenvolvimento (CARVALHO, 1996).

Nesse contexto, a problemática acerca do que constitui uma “explicação física” ou, em que corresponde uma “explicação causal” acerca de um conhecimento físico, permeou uma série de estudos que versaram acerca de como os alunos, desde o primeiro ciclo do ensino fundamental (especialmente estes) até estudantes de níveis universitários, conseguem explicar os fenômenos físicos. Para tanto, as duas dimensões dessa construção deviam ser consideradas: a história da ciência e a psicogênese.

Interessante ainda é observar em que condições os textos chegaram até o grupo e como foram debatidos:

São textos maravilhosos (Não sei se você já leu; eu tenho eles aqui no laboratório!). Você precisa ver, fazendo um parêntese, que grupo de pós-graduação é uma coisa muito maleável, porque você está estudando pra burro, você sai, entra um que não sabe nada. É fluido. Então o grupo naquela época quem estava aqui era o Nardi (Roberto Nardi). Foi ele quem me trouxe e me deu de presente o livro “*Psicogênese e História das Ciências*”. Depois o Nardi sai e entra outro. Então é difícil trabalhar como um grupo, porque o grupo varia muito (teu orientador deve saber disso; é complicado!)

[...] Olha, era mais eu que [...] Quando você tinha um orientando que já sabia a alguma coisa de Piaget, por exemplo, quando o Nardi, quando o Eduardo Mortimer veio, a gente podia trabalhar mais. Mas quando entrava alguém, físico, que nunca tinha ouvido falar de Piaget, não dava para gente discutir, certo? Você não tá num grupo homogêneo; quer dizer: o grupo da pós-graduação de orientandos é terrivelmente heterogêneo. Tem um mestrando que está ainda começando, não sabe nada; tem um doutorando acabando o doutorado. Tem gente que entra já [...], por exemplo, o Nardi e o Eduardo entraram com uma formação já muito boa, então com eles a gente podia discutir. Mas, com o grupo, não dava, era mais leitura própria. Tinha gente que não tinha nem condições de entender o livro (CARVALHO, 2019).

Na entrevista a docente indica que inúmeros trabalhos tiveram essa influência dos textos de Piaget e García, tendo, inclusive, trabalhos ainda hoje com essa perspectiva, com especial destaque aos trabalhos envolvendo sequências de ensino investigativas (SEI).

Na sequência trazemos a análise de alguns desses trabalhos que, no nosso entendimento, exemplificam o caminho seguido nesse primeiro período de produção acadêmica deste importante centro de pesquisa brasileiro e cujos reflexos também apontamos na sequência.

4.3. Produção Acadêmica do LaPEF no período selecionado

Dado o contexto de trabalho exposto no item anteriores, passamos agora a uma leitura de trabalhos orientados pela Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, junto aos programas de Pós-graduação da Faculdade de Educação e o do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP).

Como apontado anteriormente, a seleção dos trabalhos obedeceu primeiramente um critério temporal de seleção, sendo para isso delimitado o período compreendido entre os anos de 1982 e 1991, equivalente aos 10 (dez) primeiros anos de publicações de trabalhos acadêmicos (teses de doutorado e dissertações de mestrado) realizados no contexto do LaPEF.

Nesse período considerado, de acordo com o registro do grupo de pesquisa, a Prof.^a Anna Maria orientou 9 (nove) pesquisas de mestrado e 2 (duas) de doutorado, além de publicar, ela mesma, no mesmo período, sua tese de livre docência (CARVALHO, 1986; 1989). Destes, trazemos para essa análise o trabalho da própria Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, bem como as pesquisas, por ela orientadas de Abib (1983), Teixeira (1985), Laburú (1987), Valle Filho (1989), Silva (1989), Nardi (1990) e Gonçalves (1991), além de fazemos também comentários acerca de outras produções realizadas pelo grupo de pesquisa nesse e em outros períodos.

Para esse contexto, portanto, buscamos extrair com especial atenção qual a leitura feita do referencial teórico apontado e quais foram os elementos incorporados para o estabelecimento das suas perspectivas de ensino e de pesquisa além de elementos que julgamos interessantes para a discussão a respeito da influência da colaboração Piaget-García para o trabalho do LaPEF.

4.3.1. Maria Lúcia Vital dos Santos Abib (1983)

A interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de física. 1983. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho. Livro: Uma abordagem Piagetiana para o Ensino de Flutuação dos Corpos.

Uma das primeiras dissertações de mestrado orientada pela Professora Anna Maria e defendida pela autora no ano de 1983, teve por objetivo principal estudar correspondências entre o Nível de Desenvolvimento Cognitivo (NDC) de 30 (trinta) estudantes de uma escola de nível secundário (ensino médio) e a aprendizagem de conceitos da disciplina de Física, recorrendo para tanto à teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget. Nesse intento, a autora toma como temática para o exercício a ser realizado com os sujeitos da pesquisa as noções físicas associadas à flutuação dos corpos, de forma a ter ainda como outro marco referencial o estudo realizado por Piaget e Inhelder (1976)³.

No trabalho, após a realização do diagnóstico do Nível de desenvolvimento Cognitivo dos estudantes, realizado com auxílio da escala de desenvolvimento do Pensamento Lógico de Longeot⁴, a autora separou os alunos em dois grupos, formal e não-formal, realizando, após isso, uma atividade direcionada envolvendo a flutuação dos corpos, cujo planejamento levava em consideração as implicações da teoria de Piaget; realizou ainda, antes e depois da atividade, testes nos quais era avaliada a aprendizagem dos alunos em três diferentes níveis: conhecimento, compreensão e aplicação. De posse dos dados foi feita a comparação dos desempenhos dos sujeitos levando em consideração a classificação “formal / não-formal” e ao final da atividade aplicou-se ainda uma prova de retenção (ABIB, 1983).

Em relação à fundamentação teórica apresentada pela autora, num primeiro momento, de forma geral, a autora descreve os aspectos da teoria de Piaget que respaldam a pesquisa destacando elementos característicos dos diversos níveis de desenvolvimento cognitivo (*sensório-motor, pré-operatório, das operações concretas e das operações formais*) e reforçando o entendimento de que para Piaget o elemento de maior relevância na explicação do desenvolvimento cognitivo e na formação do conhecimento é o chamado processo de equilíbrio:

Piaget atribui a evolução das estruturas mentais cognitivas, ao processo de adaptação, que ocorre a cada momento da vida do indivíduo, e que resulta de dois mecanismos complementares e indissolivelmente ligados: a assimilação e a acomodação. Assim, decorrente da interação entre o sujeito e objeto ocorre tanto

3 “*Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*” (PIAGET e INHELDER, 1976).

4 A *Échelle de Développement de la Pensée Logique (EPL)* desenvolvida por Longeot (1969) é utilizada com o fim de avaliar a aquisição de estruturas cognitivas próprias dos estágios correspondentes aos níveis das operações concretas e das operações formais, por meio da avaliação de uma série de elementos divididos em duas categorias. Os testes *infralógicos* consistem sempre em passar de um estado inicial para um estado final, após uma transformação em que um invariante (não perceptível) é confrontado com uma modificação das configurações perceptivas. Já os testes *lógico-matemáticos* visam identificar a capacidade do sujeito de estruturar a realidade e assim organizar as relações entre os objetos. A EPL permite a classificação dos sujeitos em cinco níveis de desenvolvimento (Concreto A ou B; Pré-Formal; Formal A ou B).

uma assimilação do meio às estruturas disponíveis no sujeito, ou seja, uma incorporação da realidade exterior aos moldes de uma estrutura em evolução, como uma acomodação da estrutura, ou seja, um ajuste desta às particularidades dos novos dados, consistindo à adaptação intelectual em um estabelecimento de equilíbrio progressivo. [...] processo de equilibração ou autorregulação. Este, caracterizando-se pela reação do indivíduo em compensar ativamente as perturbações em suas relações necessárias com o meio, “conduz de certos estados de equilíbrio aproximados a outros, qualitativamente diferentes, passando por múltiplos desequilíbrios e reequilibrações”⁵ (ABIB, 1983, p. 22).

Na sequência a autora discute outros aspectos do processo de equilibração, enfatizando que as assimilações de elementos novos à estrutura do indivíduo ocorrem conforme as possibilidades da mesma, destacando nesse sentido o papel de desencadeamento dos desequilíbrios provocados pelo ambiente externo, reforçando ainda a compreensão de que o desenvolvimento das estruturas mentais não acontece por determinação do sujeito, mas sim na interação deste com o meio.

A autora extrai implicações para o ensino de Física da compreensão dos níveis de desenvolvimento cognitivo concreto e formal. Nesse esforço ela cita trabalhos como os de Lawson e Karplus (1977), Piaget e Inhelder (1976), Griffiths (1976), segundo ela, apontam para a necessidade de que os estudantes estejam no nível das operações formais para a compreensão de muitos conceitos teóricos e princípios físicos. Destaca ainda outras pesquisas que verificam que boa parte dos adolescentes não apresentam tal nível de desenvolvimento (LOVELL, 1959; LAWSON, 1974; LYLE, 1977), sendo portanto necessário que o professor fomentasse esse desenvolvimento.

Esse aspecto é discutido na sequência, quando a autora aponta os estudos de Lawson (1974) e Castro (1974) nos quais são debatidas implicações da teoria de Piaget às metodologias adotadas no ensino de ciências, entre as quais se destacam a necessidade da ação manipulativa dos sujeitos e de atividades e situações concretas, tendo em vista a confrontação dos estudantes com ideias e materiais de seu nível de capacidade para que depois fossem gradativamente solicitados a trabalhar com ideias e materiais mais abstratos ou do nível formal. Nesse sentido, o trabalho do professor deve contemplar como papel central a atividade do aluno (“observar e agir sobre os objetos”), fomentando desafios que permitam desequilíbrios possíveis e necessários para o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos (“graduar os desequilíbrios ocorridos”) e promovendo um ambiente (físico e social) que possibilite essas sucessivas reequilibrações, estimulando portanto a passagem para o nível formal (ABIB, 1983, p. 23).

5 PIAGET, J. *A equilibração das Estruturas Cognitivas*. p. 11.

Outro elemento aportado é a relevância das atividades vividas em grupo, com destaque à fala de Castro (1974), para a qual o trabalho em grupo, numa perspectiva da psicologia genética, representa muito mais do que “convívio” e “comunicação”. O grupo atuaria inclusive quanto ao desenvolvimento cognitivo dos sujeitos: “[...] O processo de discussão do trabalho em comum, para Piaget, é mais que uma simples cooperação, é um esforço de operar em conjunto para aperfeiçoar suas próprias operações mentais” (CASTRO, 1974). Nesse sentido, caberia ao professor a promoção e a coordenação das discussões e a sintetização dos conhecimentos (ABIB, 1983, p. 23).

Ademais, outro nicho de implicações da teoria de Piaget estaria relacionado ao conteúdo ministrado nas aulas de ciências, não bastando para se pensar o ensino dos conteúdos científicos uma preocupação apenas com as metodologias adotadas, mas, além disso, ter clareza quanto aos conteúdos adequados a cada nível:

Para Piaget, o conhecimento não é resultante nem exclusivamente da experiência, nem exclusivamente da atividade mental do indivíduo, mas consiste do produto obtido pela aplicação das estruturas mentais do sujeito, isto é, da interação entre o indivíduo e o meio. Obedecendo sempre a esse caráter geral, distingue vários processos de aquisição de conhecimentos. Entre eles, considera a aprendizagem, caracterizando-a em duas formas: a aprendizagem em sentido restrito, que resulta na aquisição de conteúdos e a aprendizagem em sentido amplo, que engloba à primeira e contribui para a evolução das estruturas mentais (ABIB, 1983, p. 23).

Um segundo nicho, mais específico, de influência da teoria de Piaget diz respeito ao tema da atividade (Flutuação). Neste sentido, a autora considera os resultados apresentados por Inhelder e Piaget (1976) acerca das explicações de sujeitos de diversos períodos de desenvolvimento cognitivo sobre a flutuação dos corpos, e destas observações extrai elementos para a elaboração das atividades:

O primeiro aspecto a ser considerado surge das explicações sobre as causas da flutuação de um corpo dadas pelos sujeitos de vários níveis. Estas revelam que: para indivíduos do período concreto, poderiam ser esperadas explicações desde em função do peso do corpo e do seu tipo de material, até explicações em termos da relação entre o peso do corpo e o da água contida no recipiente, e ainda da existência de ar no corpo; para os indivíduos do período formal poderiam ser esperadas comparações entre o peso do objeto e o do volume equivalente de água. Diante dessas possibilidades, das estruturas e noções envolvidas em cada caso, e da importância do esquema “quando todas as outras coisas permanecem idênticas”; a metodologia em questão deveria conter atividades, que permitissem a verificação experimental das explicações fornecidas, o uso do método de controle de variáveis e de discussões em grupos sobre os resultados obtidos, de modo que possibilitassem a presença de desequilíbrios, e uma revisão das explicações envolvidas em cada caso.

Outro elemento de grande importância refere-se às noções envolvidas nas explicações dadas em cada estágio. Relacionado a este aspecto, a questão fundamental para a obtenção da lei desejada é a elaboração da noção de densidade, que pressupõe a possibilidade de estabelecer comparações entre pesos diferentes na

condição de volumes iguais e de volumes diferentes na condição de pesos iguais. Ora, como isso só ocorre no nível formal, uma vez que os indivíduos do concreto não possuem conservação de volume e no estágio IIA, nem a conservação de peso, nem dissociação entre peso e volume, a metodologia em questão deveria conter atividades que possibilitassem tanto a elaboração destas noções, como o estabelecimento da relação principal. Assim, propusemos atividades que levassem o aluno a realizar medidas das grandezas em jogo, e várias situações que propiciassem o estabelecimento da relação central: comparações entre pesos diferentes, para volumes iguais e entre volumes diferentes para pesos iguais (ABIB, 1983, p. 54).

Como conclusões a autora salienta a importância do NDC para a aprendizagem de Ciências (em particular da Física), reforçando a recomendação de que os responsáveis estejam cientes das grandes limitações e necessidades dos indivíduos que se pretende ensinar, além da consequente demanda de se propiciar subsídios para que atinjam esse desenvolvimento cognitivo. Nesse sentido, destaca ainda a emergente necessidade da revisão de conteúdos, enfoques, metodologias e sobretudo na formação dos professores.

4.3.2. Odete Pacubi Baiarl Teixeira (1985)

Desenvolvimento do conceito de velocidade: um estudo a partir de questões típicas da sala de aula. 1985. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Nessa pesquisa, a autora, motivada pelo seu contexto de trabalho com estudantes do primeiro ano do segundo grau (ensino médio), no qual era comumente abordado o conteúdo de cinemática, procura investigar quais as noções que os alunos de diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo apresentavam quanto ao conceito de velocidade. Nesse sentido, buscou relacionar fatores que estariam associados à evolução dessa noção, por meio de entrevistas com estudantes da quinta e oitava série do ensino primário (atuais 6º e 9º anos do ensino fundamental – 10/12 anos e 13/15 anos, respectivamente) e da terceira série do ensino secundário (3º ano do Ensino Médio – 16/19 anos). Para cada faixa escolar envolvida foram selecionados 10 (dez) estudantes.

Como fundamentação para os aspectos a serem discutidos no decorrer da pesquisa, no primeiro capítulo é feita uma revisão da noção de velocidade de acordo com as pesquisas realizadas por Piaget, com destaque ao abordado nas obras “*Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*” (1946b) e “*Introduction à l'épistémologie génétique: La Pensee*

Physique” (1950), e em artigo publicado na revista *Archives de psychologie* “*Essais sur la perception des vitesses chez l'enfant et chez l'adulte*” (PIAGET, FELLER e McNEAR, 1958).

Acerca do primeiro texto é destacada que a noção de velocidade está ligada intimamente à atividade do indivíduo sobre a realidade, por um lado, em uma dimensão associada às experiências físicas (ações do sujeito sobre os objetos – seccionar, pesar, imprimir movimento etc.) e, por outro, às experiências lógico-matemáticas (estabelecimento de relações, seriações, análises etc.). Dessa obra, a autora extrai ainda que numa perspectiva mais geral, o movimento seria interpretado como “troca de posição”, e cita como exemplo o fato das crianças pequenas só se interessarem pela “mudança de lugar dos objetos”, não levando-se em consideração trajetórias descritas e demais aspectos do movimento. Num segundo momento, o movimento passa a ser considerado numa perspectiva mais especial, como algo que envolve esforço, que tem determinada duração, trajetória etc., isto é, passa a ser interpretado “sob uma consideração física”, quando portanto se inicia a caracterização da noção de velocidade, principal aspecto físico do movimento (TEIXEIRA, 1985).

Acerca das demais obras utilizadas ela acrescenta:

Piaget (1946) dedica todo um livro com o intuito de estudar como são formadas as noções de movimento e velocidade, verificando que este processo é efetuado através de uma longa elaboração, primeiro sensorio-motora, depois intuitiva e, por fim, operatória.

[...] Piaget (1958), ainda dedicou um artigo sobre a percepção da velocidade na criança e no adulto, onde [...] observou que a velocidade foi considerada em função da ultrapassagem [...] ou seja, a velocidade foi julgada em termos de comparação com outros movimentos (outras velocidades). Quando o movimento era de um único móvel, a velocidade era avaliada em função daquilo que a retina dos olhos conseguia captar (TEIXEIRA, 1985, p. 3).

Na sequência, a autora amplia o debate ao estender sua análise para outras pesquisas que se ocuparam do conceito de velocidade em diferentes contextos culturais e com estudantes de diferentes níveis de ensino, destacando que grande parte destes haviam tomado como base os trabalhos de Piaget. São elencados os estudos de Lovel, Kellet e Moorhouse (1962), Siegel e Raven (1971), Mori e Tadang (1973), Mori, Tadang e Kitigawa (1974), Mori, Kogima e Deno (1976), Mori, Kogima e Tadang (1976), Boulanger (1976), Kolodly (1977) e Trowbridge e McDermott (1980).

Em sua investigação a pesquisadora toma esses referenciais como base para a construção de um protocolo envolvendo 15 (quinze) questões a serem feitas em entrevistas individuais com a amostra de estudantes selecionada, utilizando para tanto o método de exploração crítica:

O processo utilizado para a investigação das respostas fornecidas pelos alunos foi o “método clínico”, também chamado “método de exploração crítica”, sendo que cada aluno foi testado individualmente e as respostas foram fornecidas pelos alunos sob forma oral e gravadas, a fim de que pudessem ser posteriormente analisadas.

[...] Caso a resposta não fosse seguida de uma justificativa, o experimentador perguntava o “por quê” da determinada resposta. Se a resposta fosse dada de forma correta seguida de uma explicação lógica também correta, a entrevista relativa a essa questão era dada por encerrada e passava-se para a questão seguinte.

Caso a resposta fosse dada de forma “errada”, ou no caso da resposta ser correta e a justificativa não corresponder a situação na qual o problema estava inserido, passava-se para a segunda etapa da entrevista que era a de defrontar o aluno com uma maquete que representava a situação do enunciado das questões e onde os alunos pudessem observar visualmente os movimentos dos carrinhos.

O objetivo era tentar verificar se através da observação dos movimentos os alunos conseguiam dar a resposta correta seguida de uma explicação lógica, também correta, e ver se a parte concreta modificava o entendimento do conceito conseguindo com que o aluno fornecesse uma justificativa lógica (TEIXEIRA, 1985, p. 37-38).

As quinze questões foram divididas em três grupos, sendo o primeiro destes, subdividido em outros três subgrupos.

O primeiro grupo, composto por 8 (oito) questões possibilitava a análise de um esquema representativo da situação proposta e, como alternativa, o recurso a um aparato experimental para visualização do movimento, conforme os registros fotográficos a seguir (Figuras 1a e 1b). Os subgrupos dessa categoria versavam sobre: 1) movimentos cujas pistas eram retilíneas, com distâncias distintas entretanto com tempos iguais; 2) movimentos retilíneos com distâncias de mesmo comprimento e diferenças quanto à simultaneidade dos movimentos; 3) movimentos envolvendo pistas não retilíneas.

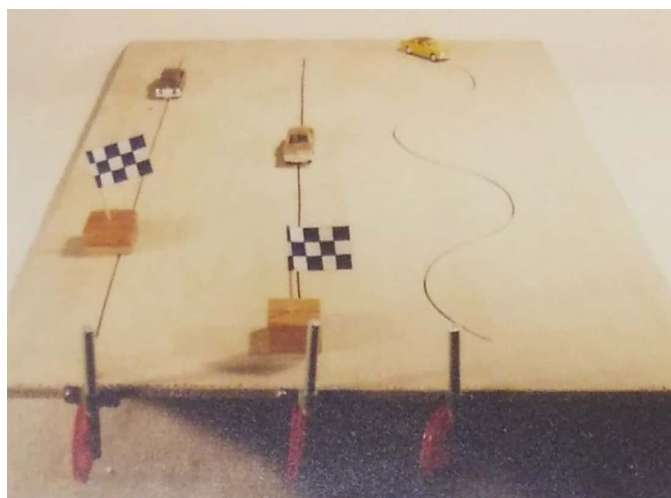


Figura 1 (a)

Aparato experimental para visualização do movimento (TEIXEIRA, 1985, p.30)



Figura 1 (b)

Aparato experimental para visualização do movimento (TEIXEIRA, 1985, p.30)

O segundo grupo, de resolução mais elaborada, envolveu um conjunto de questões que apresentava distâncias e tempos diferentes em cada um dos movimentos. Para resolver essas questões, os estudantes podiam visualizar as situações apenas por meio dos esquemas representativos.

No terceiro grupo foram reunidas questões de natureza formal, apresentadas aos estudantes exclusivamente por meio da forma escrita e para as quais não poderiam se valer tanto de esquemas representativos da situação, quanto dos aparatos experimentais.

Ainda na descrição da metodologia, a autora destaca peculiaridades da amostra de estudantes como o fato de as turmas de ensino primário serem de um colégio particular e a turma do 2º grau ser de uma escola pública. Além disso, ela caracterizou sua amostra quanto à faixa etária, sexo, incidência de repetentes, atividades extracurriculares realizadas etc., utilizando-se para tanto de um questionário informativo. Destacou ainda o fato de a escolha dos estudantes não ter sido realizada com base em sorteio ou escolha, tendo a autora simplesmente convidado aqueles que quisessem participar da pesquisa.

Como resultados da investigação, são apresentadas algumas considerações acerca dos extratos investigados, das quais destacamos:

[...] o conceito de velocidade que possuem alunos da faixa etária entre 10 e 12 anos, e que ainda não tiveram este conceito ensinado na sala de aula, parece estar voltado somente ou ao aspecto temporal ou ao aspecto espacial, não sendo estabelecida uma relação espaço-temporal. O conceito de velocidade parece estar muito mais ligado ao sujeito – na medida em que é avaliado em função daquilo que ele observa do cotidiano, da vivência – do que em relação ao objeto, daquilo que é realmente observado, - na medida em que esta avaliação é muito carregada de explicações pré-causais envolvendo o animismo, o finalismo ou a causalidade moral (TEIXEIRA, 1985, p. 190).

Algumas dessas características são também observadas em indivíduos da 8ª série, percebendo a autora que alguns alunos desta faixa etária, ao elaborarem suas justificativas, levavam em conta somente o aspecto espacial ou o aspecto temporal da velocidade. Entretanto, outros já manifestaram critérios que evidenciam o surgimento de raciocínio proporcional. Nesse sentido, a pesquisadora destaca desses fatos duas implicações imediatas: em primeiro lugar que não é possível supor que todos os sujeitos no primeiro ano do ensino secundário se desvincularam dos comportamentos característicos do primeiro grupo; em segundo lugar, é importante que os estudantes sejam confrontados com situações que demandem raciocínio proporcional para serem resolvidos; nesse sentido, é necessário o reforço da dependência espaço-temporal (TEIXEIRA, 1985, p. 98).

4.3.3. Anna Maria Pessoa de Carvalho (1986)

A formação do conceito da quantidade de movimento. Tese de Livre docência. 1986 / *Livro: Física: Proposta para um ensino construtivista.* 1989. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo).

Para a efetivação desta pesquisa a autora aponta como relevante uma série de discussões realizadas com professores e estudantes da pós-graduação provenientes de diversas áreas (física, química, matemática etc.) em cursos que versavam acerca da influência do pensamento de Piaget para o ensino de Ciências. Ademais, o compartilhamento de pesquisas com diferentes perspectivas e a associação entre um marco teórico referencial com a realidade da atividade escolar proporciona a oportunidade de, não apenas um debate acerca de uma concepção construtivista do ensino das diferentes ciências, mas ainda discutir iniciativas e inovações pertinentes à realidade educacional.

De acordo com a pesquisadora, um dos aspectos basilares para se começar a pensar o ensino de ciências seria “conhecer como os alunos percebem e compreendem o mundo físico que nos cerca [...] conhecer como eles veem e explicam os fenômenos fundamentais e qual a lógica usada por eles na formação espontânea dos conceitos”. Essa preocupação, segundo ela, deveria fundamentar o trabalho do professor de Física de forma a direcionar a construção das estratégias de ensino. Além disso, acrescenta:

Perceber como os alunos relacionam, definem, estruturam e trabalham com os diversos conceitos físicos é básico para o professor, pois a Física, especialmente a

Mecânica, que procuramos ensinar em nossas escolas, faz parte do seu mundo, sobre o qual já tiveram de pensar e, portanto, de estruturar alguns conceitos.

[...] O mais difícil, na verdade, é o processo de construção do ensino. Esse processo de mudança conceitual, que atualmente é o principal campo de pesquisa em ensino de ciências, deve levar em conta, de um lado, o processo histórico da construção desse conceito e, de outro, uma teoria que explique como o conceito é construído pelo aluno (CARVALHO, 1989, p. 3-4).

Acerca deste elemento de sua fundamentação, a autora cita “belíssimo” estudo acerca do paralelo entre essas duas dimensões extremamente relevantes ao ensino de física realizado por Jean Piaget e Rolando García no livro “*Psicogênese e História das Ciências*” (1983), destacando como elucidativo trecho extraído do prefácio da obra, o qual reproduzimos abaixo:

A preocupação dos autores não se limitou, de modo algum ao exame dos conteúdos paralelos dos seus respectivos campos de estudo. Cada um deles, no seu próprio campo, procurou elucidar os processos inerentes a toda construção do conhecimento, subordinando a psicogênese e a história da ciência à verificação da hipótese de uma epistemologia construtivista (PIAGET e GARCÍA, 1983, p. 10).

Nesse sentido, destaca como necessário um esforço por parte do professor em compreender duas importantes dimensões da construção do conhecimento científico. Por um lado, sua evolução histórica ...

A importância do professor conhecer a história da ciência está em poder compreender os seus alunos, pois inúmeras vezes o raciocínio encontrado em sala de aula é muito semelhante a raciocínios que um dia a Ciência já considerou corretos. O caso mais típico em nosso ensino, e que quase todos os professores já encontraram em suas classes, é o aluno descrever o que acontece quando um objeto é jogado para cima de modo muito semelhante ao que foi descrito por Buridan (Século XIV) (CARVALHO, 1989, p. 4).

... e por outro, seu desenvolvimento na estrutura cognitiva da criança e do adolescente:

Piaget mostrou que a criança desenvolve espontaneamente as noções de espaço, tempo, velocidade, densidade etc., que adquire as diversas formas de conservação da matéria (quantidade de substância, peso e volume) e que é mesmo capaz, em certo estágio de desenvolvimento de descobrir as condições de flutuação dos corpos num líquido.

Do ponto de vista piagetiano, estas experiências serviram de base para estruturar o desenvolvimento lógico da criança. Entretanto, para o educador, o conteúdo da Física foi analisado de um ponto de vista diferente e, pela primeira vez, diretamente relacionado com o indivíduo que deve aprender este conteúdo (CARVALHO, 1989, p. 5)

Nessa perspectiva, para a construção daquilo que a autora definiu como “*bases construtivistas de um ensino de física*”, ela aporta ainda elementos de outras obras produzidas por Piaget, como o livro, escrito em parceria com B. Inhelder, “*Da lógica da criança à lógica do adolescente*” (1976), no qual segundo a pesquisadora:

[...] Piaget desenvolve a teoria de estágios cognitivos de operações formais, que tem considerável potencial de interesse e significância, tendo em vista ser a única formulação teórica existente que trata das mudanças de capacidade cognitiva subsequentes à infância. [...] essa obra, que está baseada em experimentos de Física, Química e Matemática realizados por Inhelder com adolescentes, gerou muitas pesquisas, tanto de psicólogos interessados no desenvolvimento intelectual dos jovens, como de educadores, principalmente os que trabalhavam com o ensino de Ciências, pois estes viram na obra muito mais do que Piaget quis mostrar: o desenvolvimento intelectual dos jovens e as características do pensamento formal. Para os pesquisadores em ensino de Ciências, o conteúdo de Física foi estudado, não do ponto de vista do desenvolvimento de suas leis, mas do ponto de vista da elaboração do pensamento do adolescente que se propõe a resolver problemas de Física. Esta ponte entre Física e o jovem resolvendo problemas de Física abriu um campo muito grande nas pesquisas em ensino (CARVALHO, 1989, p. 5).

Como reflexo dessa perspectiva, a autora cita ainda uma infinidade de pesquisas⁶ que fundamentam a compreensão de que existe uma forte relação entre o desenvolvimento lógico da criança e do adolescente e a aprendizagem de inúmeros conceitos físicos, dentre essas, o trabalho de Abib (1983), analisado no item 4.3.1.

Neste capítulo a autora destaca especialmente a importância das conservações no desenvolvimento conceitual de um determinado campo de conhecimentos:

O esquema operatório das conservações é caracterizado por traços lógicos bem determinados, que são os argumentos de identidade, de compensação e de reversibilidade. É a partir destes raciocínios que a lógica operatória trata a conservação como um esquema geral. Entretanto, apesar de a criança de 8 a 10 anos já mostrar este esquema de conservação para a noção de quantidade de substância, ela ainda é incapaz de utilizar o mesmo raciocínio com relação às noções de peso e de volume. São necessários vários anos para ela refazer o mesmo esquema operatório para estes conceitos (Piaget, 1971).

Portanto, apesar de os argumentos de identidade, conservação e reversibilidade formarem o esquema geral das conservações, porque são idênticos para todas elas, eles são também, específicos para cada conteúdo, na medida em que é durante a construção espontânea de um conceito que a criança mostra ter a aptidão para operar de uma maneira particular. Ao rever as experiências piagetianas, principalmente aquelas que serviram de base para as Explicações Causais (Piaget e García, 1973), encontramos sempre crianças construindo conceitos de Física num determinado nível e no quadro operatório correspondente (CARVALHO, 1989, p.7).

Nesse sentido, estudar o desenvolvimento das conservações teria especial importância assim como o destaque à qual quantidade física que se conserva numa determinada situação, dado que a descoberta da conservação de uma certa quantidade física equiparia o indivíduo com um elemento reorganizador de determinado campo de conhecimento, propiciando, para isso, novas relações entre as noções. Como exemplo dessa perspectiva, a autora cita experiência de Piaget e Inhelder (1976):

6 Liberman e Hudson (1976); Renner e Lawson (1973); Lawson e Wolhamn (1976); Harris (1976); Lawson e Karplus (1977); López Rupérez et al. (1986).

Um primeiro exemplo, muito conhecido e muito replicado é o das condições de flutuação dos corpos. Inhelder e Piaget, no capítulo 2 do livro *Da lógica da criança à lógica do adolescente* (1976), propõem esse tema com o objetivo de estudar como se desenvolve o raciocínio lógico, quando o problema central é o questionamento de hipótese. Entretanto, na descrição do pensamento das crianças é mostrado que, somente após a obtenção da conservação do volume, as crianças são capazes de formar o conceito de peso específico do corpo que está submerso, de observar o volume de líquido deslocado e de, portanto, ter condições de resolver o problema. Em termos educacionais, como esse conteúdo faz parte do currículo tradicionalmente dado – Hidrostática –, estes fatos apontados por Inhelder e Piaget foram sempre observados (ABIB, 1983; QUEIROZ, 1987): uma vez adquirida pelo aluno a conservação de volume, uma rede de conceitos é facilmente estabelecida (peso específico, densidade, densidade do líquido deslocado) (CARVALHO, 1989, p. 7-8).

Na sequência, a autora discute que as conservações ocupam papel importante inclusive na construção histórica da Física quanto na construção do ensino desta, apontando para a temática da física de sua análise nesse estudo (quantidade de movimento):

Se a escola tem por obrigação ensinar a noção de quantidade de movimento e sistematizar as diversas relações entre a rede de conceitos entrelaçados com esta noção (massa, velocidade, variação de velocidade, aceleração, força e impulso), é de extrema valia conhecermos como as crianças constroem (ou não) essas relações.

É importante também para a estruturação de um ensino construtivista, isto é, um ensino que pretenda que o aluno construa o seu próprio conhecimento, estabelecermos não só como se esse conhecimento pode ser elaborado por uma pessoa (psicogênese do conceito), mas também como ele foi construído através da história da Ciência.

O desenvolvimento histórico nos faz compreender os raciocínios elaborados em cada etapa do processo de desenvolvimento de um conceito e as dificuldades encontradas pelos cientistas que às vezes, levaram anos e anos para superá-la. Muitas e muitas vezes, nós, professores, encontramos essas mesmas dificuldades em nossos alunos, e nossa reação, ao detectarmos esses “erros” em classe, é repetir nossa explicação, que apesar de lógica e coerente, passa ao largo da dúvida do aluno. A superação desta etapa não pode ser feita por superposição de ideias (as do professor sobre as do aluno), mas por transformação da ideia do aluno. É preciso fazer com que ele construa, em pouco tempo, as ideias que muitas vezes custaram anos para ser estruturadas. A vantagem do professor é que ele já sabe a sequência de raciocínio que levou o conceito a se modificar.

Estes dois corpos de conhecimento, o histórico e o psicogenético, formam as bases de um novo corpo de conhecimento ainda em construção: o do ensino de Física para crianças e adolescentes (CARVALHO, 1989, p. 10).

No capítulo seguinte “*A evolução histórica do conceito de conservação da quantidade de movimento*”, a autora faz uma revisão histórica acerca do desenvolvimento do conceito em questão, bem como de sua correspondência com os conceitos de impulso e força. Nesse esforço, são destaque:

- As “Questões Dinâmicas” de Aristóteles e a primeira definição de “momento”;
- A crítica de Buridan, no século XIV, e sua teoria do “impetus”;

- A obra “*Discorso intorno alle cose che stanno in su l’acqua o che in quella si muovono*” (1612) de Galileu Galilei e sua denominação de “momento” (produto do peso do corpo pela sua velocidade);
- René Descartes, no seu “*Principia Philosophiae*” (1644), apresenta pela primeira vez o princípio da conservação da quantidade de movimento, na qualidade de um princípio geral;
- Waalis (1668), Wren (1668) e Huygens (1669) apresentam tratados sobre o choque de corpos (elásticos e não-elásticos) em concurso da Real Sociedade de Londres.
- Huygens rejeita a ideia de conservação de Descartes, inserindo a compreensão de “conservação relativa” de dois corpos elásticos durante um choque;
- Mariotte (1673), percebe papel especial da quantidade de matéria (massa) nos choques entre os corpos;
- Isaac Newton, na sua obra-prima “*Philosophiae naturalis principia mathematica*”, sintetiza as leis da mecânica explicando com especial propriedade a transmissão do movimento entre os corpos nos diversos tipos de choque, demonstrando a conservação da quantidade de movimento de um sistema;
- De outros nomes importantes da física como Leibniz, D’Alambert, Euler, Maxwell e Rankine, a autora acrescenta entendimentos acerca da evolução da noção de força.

Na sequência, no capítulo intitulado “*Como nossos alunos constroem a noção de quantidade de movimento*”, a autora descreve o experimento realizado com 41 crianças de seis a quatorze anos⁷, nos quais buscava verificar como eles usam os conceitos de impulso, força e movimento. A metodologia utilizada nesta investigação foi a de entrevistas clínicas, gravadas e analisadas, nas quais os sujeitos eram confrontados com três situações experimentais envolvendo choques entre os corpos. Da referida análise a autora extrai algumas conclusões, dentre as quais, destacamos:

- A autora verifica que a expressão “*quantidade de movimento*” não é comum no vocabulário dos entrevistados (recorrem geralmente aos termos *Impulso* ou *Força*);

7 A autora buscou dar prioridade à estudantes sem componentes de física no currículo escolar.

- Nesse caso, ela considera que seu estudo é, na verdade, acerca da evolução da noção de Impulso, conceito gerador do que os cientistas denominam “*quantidade de movimento*” ou “*momento*”;
- No primeiro grupo de estudantes ela destaca a não-tomada de consciência do choque entre os corpos, mas somente de algumas variáveis relacionadas à própria ação do sujeito. Nesse sentido, a autora afirma coincidência com dados de Piaget e Szeminska (1973). Nesse nível, o Impulso é entendido de uma maneira ampla: “Não surge diferença do ‘*impulso*’ enquanto ação do sujeito e enquanto ‘*ação*’ que corresponde a uma grandeza física” (CARVALHO, 1989, p. 51);
- No segundo grupo, destaca dois pontos: 1) o início da percepção das direções dos corpos (antes e após o choque); 2) de forma paralela, observa uma primeira percepção entre as variáveis “massa” (m) e “velocidade” (v) e o início de uma identificação do “impulso” como “força”. Para este grupo, verifica ainda a não-conservação da quantidade de movimento (“impulso”);
- No grupo seguinte, encontra ainda estrutura conceitual semelhante (“impulso” como sinônimo de “força”), mas com o início de raciocínio lógico-matemático. Além disso, há ainda a evolução da causalidade dirigida por processos destacados também em Piaget (1967): [...] “um de des-subjetivação e outro de substituição da aparência empírica pelo descobrimento de modificações mais profundas, não perceptíveis, mas deduzidas operatoricamente”;
- Essa evolução é percebida com maior clareza no quarto grupo, no qual a autora reporta “a sedimentação da estrutura lógico-concreta e uma evolução significativa das relações causais”, e ainda “uma sedimentação das relações causais”. Nessa fase, o impulso é explicado como composição das variáveis m e v (são utilizadas numa mesma explicação) e inicia-se a ideia de “conservação do impulso”. Há também o uso da noção de “impulso” como sinônimo de “força”, além do início de uma percepção de seu caráter vetorial, numa compreensão próxima à noção de “quantidade de movimento” (CARVALHO, 1989, p. 52).

Com base nos conhecimentos adquiridos pelos caminhos trilhados (histórico e psicogenético) a autora finaliza seu livro com uma reflexão a respeito do ensino da Dinâmica praticado nas escolas, e com sua proposição de abordagem construtivista do ensino, no sentido de colaborar com estudantes a construírem a “sua física newtoniana”.

4.3.4. Carlos Eduardo Laburú (1987)

Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes. 1987. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Este estudo aborda a construção do conceito de aceleração em 34 estudantes com idades entre 11 e 16 anos, das 6^a e 8^a séries do ensino primário e do 2^o ano do ensino secundário; um conceito importante para o ensino de física dada a proximidade com a noção de velocidade – já abordada pelo grupo de pesquisa por Teixeira (1985) e por outras pesquisas de natureza psicogenética (PIAGET, 1946) –, além de seu papel no estudo da dinâmica, especialmente no trato das interações entre os corpos. Nas palavras do autor:

O caminho a ser seguido por este trabalho será o de investigar quais ideias nossa amostra apresenta em relação ao conceito de aceleração, procurando relacionar alguns fatores associados à evolução deste conceito, na medida em que são analisados indivíduos de diferentes faixas etárias. A pesquisa se orienta, então, no sentido de investigar a existência de padrões de entendimento e a possibilidade de haver evolução ou relação entre os mesmos. É de se supor que estes padrões, assim como a evolução e a relação existente, deverão estar de certa maneira à lógica usada pelos sujeitos (LABURÚ, 1987, p.6).

No primeiro capítulo, é apresentada uma reflexão a partir de uma perspectiva da história da ciência acerca do aparecimento do conceito formal de aceleração, da qual extraímos o trecho a seguir:

Observamos que o conceito de aceleração parece não ter surgido, propriamente, do refinamento de um conceito primitivo, mas sim, da necessidade lógica, numa procura harmoniosa e simples do comportamento dos fenômenos naturais. Pelo raciocínio de Galileu, vemos a necessidade de definir a aceleração como taxa constante de variação da velocidade pelo tempo, devido a um sentimento estético de simplicidade com o qual a natureza se comporta, e mais ainda, por analogia ao movimento uniforme, correspondendo a uma taxa constante de incremento do espaço em função do tempo. Logo, o aparecimento do conceito de aceleração não evoluiu de algum conceito primitivo, pelo menos para Galileu; porém, não descartamos, no entanto, a possibilidade de nossos alunos, e as pessoas em geral, utilizarem a palavra aceleração centrada em conceitos não tão claros quanto àquele elaborado por Galileu (LABURÚ, 1987, p. 11).

Na sequência, a investigação toma como referência para a coleta dos dados elementos extraídos de trabalho conduzido por Piaget (1946)⁸ sobre as noções de movimento e

8 Do estudo de Jean Piaget “*Les notions de mouvement et de vitesse chez l’enfant*” (1946), são destacadas conclusões extraídas de entrevistas com crianças entre 5 e 13 anos, questionadas a respeito de situação

velocidade em crianças e de estudos de Thowbridge-McDermott (1981)⁹ e Kolody (1977) com estudantes universitários.

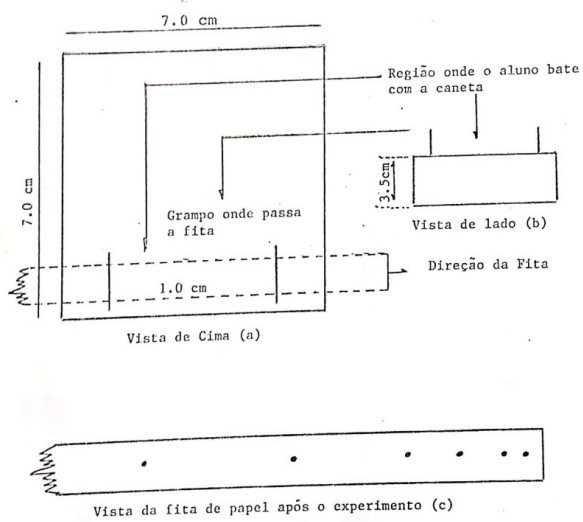
No que se aplica a parte experimental, do trabalho de Piaget empregamos a ideia de realizar experimentos utilizando movimentos acelerados (retardados), em que se explora, de um lado, o aumento (ou diminuição) dos intervalos de espaço, mantendo os respectivos intervalos de tempo constantes e de outro lado, a diminuição (ou aumento) dos intervalos de tempo a partir de intervalos espaciais iguais. Dessa ideia elaboramos os dois experimentos [...].

Das pesquisas de Throwbridge e McDermott (1981) e de Kolody (1977), aproveitamos a ideia principal de se empregarem dois movimentos síncronos e acelerados. Modificamos o experimento elaborado por Throwbridge e McDermott - dois planos inclinados paralelos, por onde, respectivamente, desciam bolinhas com acelerações diferentes - e utilizamos duas pistas horizontais com carrinhos com acelerações distintas (LABURÚ, 1993, p. 62).

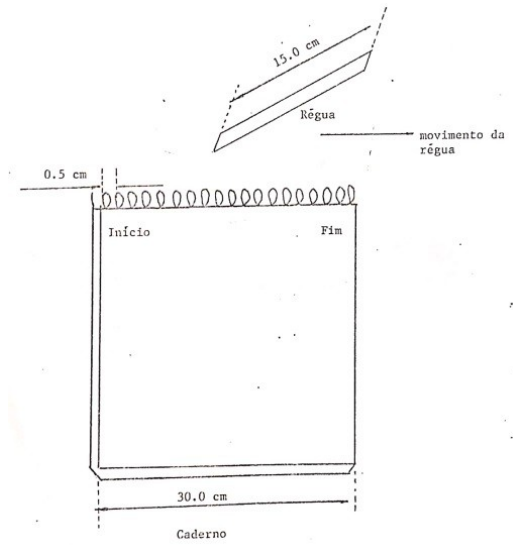
A análise de Laburú (1983) consistiu, portanto, na realização de entrevistas estimuladas por meio da proposição de três tarefas-experimento nas quais eram apresentados movimentos acelerados. Na primeira tarefa, pontos eram marcados com auxílio de uma caneta, em intervalos de tempo regulares, em uma fita que era deslocada em movimento acelerado (Figura 2a). Na segunda, o entrevistador atritava uma régua nas espirais de um caderno especial fazendo “estalos” ora com movimentos uniformes, ora acelerados, procurando explorar o aumento ou a diminuição do tempo envolvido no movimento num mesmo intervalo de espaço (Figura 2b). Para a terceira tarefa foram utilizados dois carrinhos em pistas paralelas, porém distintas, tendo em vista a comparação das respectivas acelerações e desacelerações dos dois carrinhos (Figura 2c) (LABURÚ, 1987, 35-44).

envolvendo movimento com aceleração constante (plano inclinado). Da investigação apreende-se a percepção de quatro estágios de desenvolvimento do conceito de aceleração. No primeiro estágio, a noção de aceleração não é elaborada senão como “esforço” ou “impulso” (a de velocidade estaria atrelada a uma intuição de ultrapassagem). Num segundo estágio, verificou-se a noção de aceleração sob a forma de intuição de origem empírica (relacionada à inclinação) e ainda não expressa em termos de relações espaço-tempo. É percebido, no terceiro estágio, o princípio de um raciocínio formal, que mais adiante é observado num quarto estágio com indivíduos com respostas progressivamente formais (LABURÚ, 1987, p. 61).

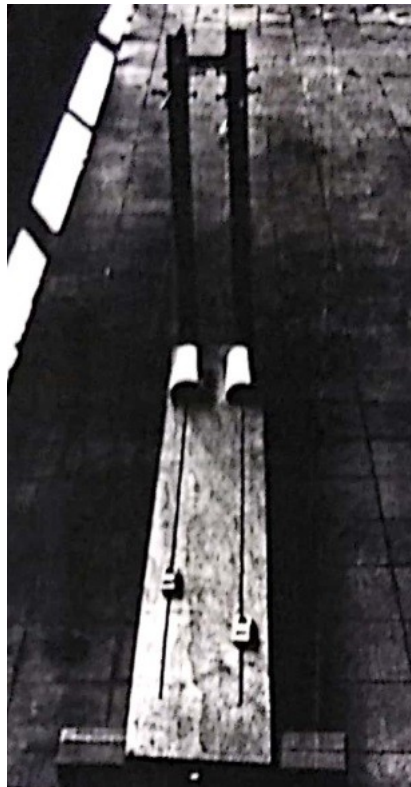
9 Do estudo Thowbridge-McDermott (1981), feito com estudantes universitários de vários cursos da Universidade de Washington, o autor destaca o objetivo da compreensão da aceleração como razão ($\Delta v/\Delta t$). As dificuldades de compreensão encontradas nos diferentes extratos da amostra possibilitaram a interpretação de diferentes graus de entendimento do conceito de aceleração o que poderia servir de referência para a elaboração de novas estratégias instrucionais no tratamento dessa noção.



(a)



(b)



(c)

Figuras 2 (a, b, c)

Tarefas-experimento utilizadas nas situações desencadeadoras das entrevistas.

Fonte: Laburú (1987, p. 35-44).

Como resultados do estudo são caracterizadas algumas concepções observadas nas diferentes faixas etárias envolvidas:

- A princípio, o autor verifica no primeiro estrato da amostra (6ª série) uma predominância da caracterização da aceleração como a própria velocidade, tendo

ainda encontrado comportamentos semelhantes em indivíduos dos outros níveis de ensino;

- Verificou ainda a persistência de percepções intuitivas da noção de aceleração mesmo entre aqueles que já haviam sido expostos ao ensino formal do conceito.
- Além disso, destaca ainda que a própria noção de velocidade tem a sua “problemática própria”, citando, para tanto, outro estudo realizado no LaPEF por Teixeira (1985).
- A aceleração como conceito, desponta a partir da noção de aumento de velocidade, numa perspectiva aproximada da noção física, sem, no entanto, ser observada uma evolução quanto a padrões conceituais de acordo com o desenvolvimento cognitivo.
- Nos diferentes estágios investigados, é verificada essa noção de aceleração como “aumento da velocidade”, com maior ênfase no Ensino Médio para a compreensão da aceleração como “variação de velocidade” e, apenas nesse nível, o entendimento desta como uma razão, nem sempre formalizada na forma $\Delta v/\Delta t$ (LABURÚ, 1987, p. 254-273).

Um item, em especial, recebeu destaque do autor em artigo publicado em 1993, acerca dessa mesma pesquisa; diz respeito a um paralelo entre a construção da noção de aceleração na história e nos sujeitos da pesquisa:

[...] o destaque à colocação de que, historicamente, a busca por uma concepção de aceleração como incremento de velocidade por unidade de espaço, pensada de início por Galileu (Galilei, 1945), pode se mostrar de utilidade. Pois essa explicação tem a possibilidade de ajudar aqueles alunos que mantêm uma concepção próxima a esta [...] a observarem a possível arbitrariedade na definição do conceito de aceleração assim concebido. Esta arbitrariedade, limitada à definição da aceleração como variação da velocidade por unidade de tempo é de muita importância para a Física; por exemplo, para movimentos próximos à superfície terrestre, o incremento da velocidade dá-se proporcionalmente ao tempo decorrido (assim chamados movimentos uniformemente acelerados), e não proporcionalmente ao espaço percorrido - como observara Galileu (Galilei, 1945). Logo, seria motivacionalmente interessante evidenciar, primeiramente esta noção, quando exibida por algum aluno, já havia sido pensada por Galileu e salientar experimentalmente que a descoberta de Galileu destaca-se por ter constatado que uma aceleração relacionada à variação da velocidade pela variação do tempo reproduz com simplicidade matemática movimentos naturais (LABURÚ, 1993, p.71).

Interessante ainda destacar que, em dois momentos de sua argumentação, o autor se refere a Rolando García, ao destacar a necessidade e a importância de haver nos sujeitos para os quais se pretende ensinar determinada noção, estruturas operatórias que subsidiem os

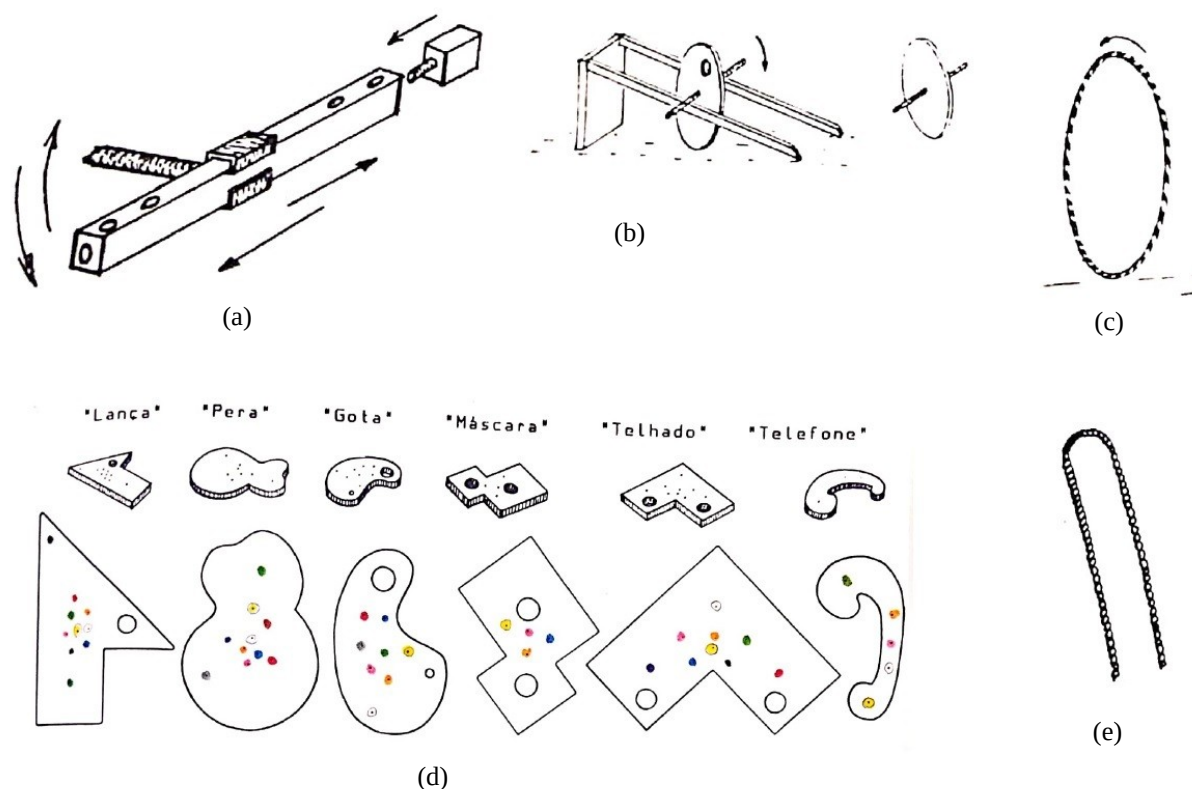
instrumentos de assimilação de novas experiências (LABURÚ, 1987, p. 252; 269); isto é, que “a assimilação de uma nova experiência, quer dizer de uma situação onde entrem novos tipos de relação, não pode realizar-se até que não se construam os esquemas, ou as coordenações de esquemas correspondentes” (GARCÍA, 1982a).

4.3.5. Moacyr Ribeiro do Valle Filho (1989)

Estudo psicogenético da noção de centro de massa: uma contribuição para o ensino da Física. 1989. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Essa tese de doutorado consta como a primeira desenvolvida no contexto do LaPEF e utiliza uma perspectiva piagetiana acerca do desenvolvimento cognitivo no intuito de interpretar as ações dos sujeitos na abordagem de fenômenos que envolvam a noção de centro de massa. Nesse sentido, para o autor, o “estudo psicogenético” empreendido consistiu em “[...] identificar, nas reações de crianças e adolescentes, as noções por elas desenvolvidas e que podem ser consideradas como precursoras da noção de centro de massa”. E, dessa forma, busca evidenciar este conjunto de pré-noções organizado de acordo com sua gênese, isto é, estabelecendo os diferentes níveis para que ocorra esse desenvolvimento. Tal esforço seria justificado tendo em vista que “[...] as diferenças de nível podem ser explicadas em termos dos recursos lógicos disponíveis aos sujeitos nos vários estágios de desenvolvimento cognitivo”.

A pesquisa realizada envolveu entrevistas realizadas com 42 estudantes de uma escola pública, com idades entre 6 e 16 anos, nas quais os indivíduos eram expostos a cinco experimentos abrangendo situações de equilíbrio de corpos em movimentos de rotação e translação – equilíbrio de uma barra, equilíbrio de rotação de figuras, movimento em plano inclinado, movimento de retorno de um aro e lançamento vertical de uma corda (figura 3). A escolha das situações experimentais foi orientada, segundo o pesquisador, em correspondência com uma análise do ensino praticado na escola básica e por uma leitura histórica acerca do desenvolvimento da noção de centro de massa.



Figuras 3 (a, b, c, d, e) – Experimentos - situações de equilíbrio de corpos em movimentos de rotação e translação – equilíbrio de uma barra (a), equilíbrio de rotação de figuras (d), movimento em plano inclinado (b), movimento de retorno de um aro (c) e lançamento vertical de uma corda (d)

O método apresentado para a condução das entrevistas foi o “método clínico” ou “método da exploração crítica” cuja referência eram trabalhos conduzidos pela escola piagetiana; entretanto, o autor destaca que a inclusão da experimentação se deu não apenas em razão da metodologia sugerir, mas especialmente pelo interesse no fenômeno apresentado ao sujeito, que é definido por objetivos específicos relacionado ao ensino da Física e, em especial, no ensino da Mecânica (VALLE FILHO, 1989, p. 86).

Além disso, uma série de outros elementos da teoria de Piaget são indicados ao longo da argumentação do autor no trabalho. No primeiro capítulo, por exemplo, o autor discorre acerca dos caminhos possíveis entre a Psicogênese e a sala de aula, destacando que a escola comumente se atribui o papel de facilitadora na construção do conhecimento do aluno, sempre tentando, entretanto, ir além desse papel, dado que busca interferir nessa construção estabelecendo o que deve ser construído ou indicando como chegar lá. De Piaget o autor absorve, por exemplo, que a epistemologia genética e os estudos da psicogênese podem contribuir no sentido de uma reestruturação do ensino de ciências que leve em consideração, além da compreensão dos diferentes estágios de desenvolvimento cognitivo das crianças e adolescentes, a maneira como esses estudantes estruturam as noções que pretendemos que

eles aprendam, reconhecendo que o sujeito é o agente primeiro nessa construção. Essa reorganização exigiria da escola uma redefinição de papéis por parte dos atores desse processo (professores e alunos) e uma reflexão profunda de suas estruturas, dado que envolveria sobretudo um olhar crítico acerca dos conteúdos ministrados (VALLE FILHO, 1989, p. 7-13).

No capítulo seguinte o autor se dedica a uma análise dual acerca da noção de centro de massa. Em primeiro lugar, analisa a abordagem do conceito em livros e manuais de ensino voltados ao ensino superior e à educação básica. Nessa leitura ele verifica e questiona as formas de apresentação geralmente utilizadas nesses materiais na explicação dos fenômenos, destacando que nos diferentes níveis de ensino era observada a mesma organização lógica da noção de centro de massa (ou centro de gravidade) com adaptações apenas quanto ao rigor das formulações matemáticas.

Na sequência, no mesmo capítulo, é discutida uma perspectiva histórica acerca do desenvolvimento da noção de centro de massa, no qual são elencados elementos pertinentes às noções de corpo em movimento, partícula, sistema de partículas etc., tendo em vista que ela (a noção física de centro de massa) é construída dentro de um conjunto de noções, das quais retira parte do seu significado. São destacadas nessa discussão as contribuições aportadas por Arquimedes, Newton, Euler e Lagrange (entre outros) para a construção do conceito em questão. Nesse ponto de sua argumentação, o autor recorre ainda à Piaget e García (1983) para salientar a perspectiva que se pretendia alcançar com essa reflexão:

Não pretendemos fazer um paralelo entre a evolução de conceitos da Física e a psicogênese de algumas noções correlatas desenvolvidas pelas crianças. Piaget e García já trataram este assunto no belo trabalho *“Psicogênese e Historia de la Ciencia”* e mostraram que se existe alguma semelhança nas noções, ou, na ordem de desenvolvimento, esta semelhança entre a psicogênese e o desenvolvimento da história da Ciência só aparece no período que poderia ser caracterizado como pré-científico, ou seja, anterior à Galileu e Newton.

Pretendemos sim, a partir da evolução dos conceitos, em especial do conceito de centro de massa, tentar determinar em que sistema nocional ele comparece e com que função para, a partir daí estabelecer suas características mais relevantes.

Uma noção, como a de centro de massa, não é alguma coisa que possa ser “descoberta”, pois, ela não está lá fora do sujeito conhecedor, pronta no objeto para que possa ser “encontrada” e posta em uso. Antes, devemos dizer que ela é construída dentro de um conjunto onde estão presentes outras noções, das quais retira parte de seu significado. Por outro lado, ao se constituir, e exatamente por este motivo, altera ainda que pouco, o significado das demais (VALLE FILHO, 1989, p. 69).

No terceiro capítulo, intitulado “a equilibração e a noção de centro de massa” o autor faz uma revisão do modelo da equilibração das estruturas cognitivas de Jean Piaget, iniciando por trechos extraídos do prefácio obra de Piaget e García (1983), destacando que nessa etapa de investigação Piaget encontrava-se dedicado a trabalhar questões ainda incompletas, a saber: “o pensamento físico e a reformulação completa de uma teoria dos mecanismos de desenvolvimento”. Deste contexto, o autor cita o seguinte trecho da obra dos autores:

Os mecanismos do progresso do conhecimento podem ser percebidos nas transições que conduzem de um nível de organização de menor adaptação do sujeito ao meio a ser conhecido, aos níveis sequenciais posteriores. Piaget procurou captar essa melhora ou aumento do conhecimento através de um modelo inspirado nos mecanismos biológicos: o da equilibração. Tal mecanismo, obedecendo a um direcionamento de origem endógena, permite neutralizar as perturbações produtoras de desequilíbrios. As reequilibrações longe de conduzirem a uma homeostasia, podem ser fonte de novidade. Os Processos particulares responsáveis pelas superações e pela integração do superado em novas formas de conhecimento são numerosos: a abstração reflexiva e a generalização, a tomada de consciência e a tematização, a invenção dos possíveis e as inferências que conduzem à necessidade. Todos são responsáveis por uma evolução em espiral, de natureza dialética, marcando o papel importante dos desequilíbrios nas readaptações produtivas do sujeito (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 12-13).

O estudo das *Teorias da causalidade* reuniu teóricos, tais como o saudoso Rosenfeld, Bunge, Kuhn, Halbwachs e, mais tarde, García, estimulando os psicólogos a empreenderem um conjunto de pesquisas que conduziram, especificamente, ao trabalho de Piaget e García: *Las explicaciones causales*. A gênese das explicações causais conduziu Piaget a centrar-se mais sobre o papel do objeto na formação das operações do pensamento e a desenvolver um interacionismo integral. A epistemologia genética das categorias do conhecimento havia sido completada, e os modelos lógico-matemáticos que serviam de instrumentos estruturais para sua análise haviam sido forjados. Havia chegado, pois, o momento de aprofundar-se nos mecanismos mesmos do progresso do conhecimento na criança, cuja importância destacar-se-á através de um estudo comparativo com a história da ciência (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 12).

Para a tese, Valle Filho (1989) argumenta que não invocará as categorias (*intra-objetal, inter-objetal e trans-objetal*), características da obra dos dois autores, mas menciona apenas que elas representam “etapas hierarquizadas como os estágios de desenvolvimento cognitivo” (p. 74). Destaca ainda, que não busca a classificação da forma de pensar dos sujeitos nos estágios característicos (sensório-motor; concreto ou formal), mas sim “enfatizar o papel das compensações nos moldes em que Piaget discute esse papel na equilibração das estruturas cognitivas” (PIAGET, 1976).

Como resultados da investigação empreendida o autor aponta que a caracterização da amostra de estudantes permitiu, entre outros aspectos:

- Que a noção de centro de massa é solidária a outras que são fundamentais, tanto da perspectiva psicogenética quanto da própria ciência (equilíbrio, simetria, sistemas de partículas etc. (VALLE FILHO, 1989, p. 129).
- Classificar as noções utilizadas pelos alunos em três grandes segmentos “hierarquizados”, o que, segundo ele, demonstra uma evolução. O desenvolvimento das noções associadas ao centro de massa se caracteriza “pela percepção de simetrias, pela coordenação entre o todo e a parte, pela possibilidade de refletir em termos de compensação” (VALLE FILHO, 1989, p. 135).
- Além disso, destaca o fato de os sujeitos já terem desenvolvido, antes do ensino, parcela relevante da noção de centro de massa, porém sem a formalização apresentada no ensino sistematizado.

4.3.6. Gilmar Trivelato (1989)

Conservação e modelo corpuscular: um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria. 1989. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

A pesquisa conduzida por Trivelato (1989) consistiu num estudo acerca da evolução das noções de modelo corpuscular da matéria e como estas se inter-relacionam com o desenvolvimento das noções de conservação das quantidades físicas (volume, massa etc.), a partir das explicações dadas por 44 estudantes de diversos níveis de ensino (da 5ª série do primeiro grau a ingressantes em cursos universitários) sobre duas experiências que envolviam transformações/variações na concentração de matéria.

Como uma das justificativas para a realização do estudo, o pesquisador aponta a necessidade de que o professor conheça a evolução das noções que pretende ensinar, não somente de uma perspectiva da história da ciência (que seria também de extrema relevância), mas como ocorre no contexto do desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A temática escolhida (modelo corpuscular) seria importante nesse sentido, pois seria modelo explicativo fundamental para a compreensão de inúmeros fenômenos dos diversos campos da Física e da Química (da Termodinâmica à Física de Partículas).

Destacamos abaixo outros trechos que fundamentam as intenções do autor:

[...] o objetivo do presente estudo é verificar como os estudantes vão construindo um sistema de noções explicativo que, cada vez mais, se aproxima do modelo corpuscular adotado pelos dos cientistas para a natureza da matéria. Em outras palavras, o que pretendemos fazer é, a partir das explicações dadas pelos estudantes a diferentes transformações da matéria, elaborar categorias de explicações causais que constituam as etapas sucessivas da construção desse modelo.

Considerando a relação existente entre o modelo corpuscular e lei da conservação da massa para transformações da matéria, além de inúmeras pesquisas realizadas por Piaget e colaboradores sobre o assunto, interessa-nos, do ponto de vista epistemológico e psicológico, verificar as relações entre a constituição das noções de conservação das quantidades físicas (substâncias e massa) e a de uma visão corpuscular da matéria.

[...] Uma vez conhecido como se dá o desenvolvimento dessas noções tentaremos analisar possíveis implicações para o ensino do modelo corpuscular para a matéria nos diferentes níveis de ensino (TRIVELATO, 1989, p. 4).

Na sequência, o autor traça um quadro empírico-teórico, fazendo um panorama de estudos que julgava mais representativos na área e destaca, entre estes, trabalhos influenciados pelas ideias de Piaget, produzidos especialmente entre os anos 70 e 80 (HERRON, 1975; SHAYER e ADEY, 1981; GOODSTEIN e HOWE, 1978; SMITH, 1978). Destaca também trabalhos de pesquisadores críticos aos educadores “piagetianos” como Novak (1977), que defendeu ser possível ensinar conceitos abstratos, como o modelo corpuscular, a crianças ainda não em estágio das operações formais; argumentação rebatida por Herron (1978) que pontuou que tais críticas refletiam uma interpretação incorreta da teoria piagetiana, que resultava, por exemplo, na confusão entre “conceitos abstratos” e “operações formais”, decorrente da não diferenciação das ideias de “operações” e “causalidade” (TRIVELATO, 1989, p. 7). Nesse ponto, o autor aponta que nas investigações do CIEG, nos últimos anos, a causalidade havia sido tratada num sentido mais amplo do termo que abarca toda a explicação de determinado fenômeno, citando para tanto a obra “*Las explicaciones causales*” (1973) de Piaget e García.

Paralelo a esses estudos, especial referência é feita à obra “*Children’s ideas in Science*”, livro organizado por Driver, Guesne e Tiberghien (1985) que reuniu considerável número de pesquisas que buscaram levantar as concepções que os estudantes possuem acerca de uma série de conceitos científicos (conceitos espontâneos), muitos desses com sistemática de coleta de dados semelhante à de Piaget, porém com características distintas à escola de Genebra, em especial, a ênfase no conteúdo escolar, o trabalho no sentido de uma “mudança conceitual” e uma natureza descritiva, com ausência de aporte teórico bem definido (TRIVELATO, 1989, p. 8)¹⁰.

10 Crítica semelhante encontramos na fala da Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho (p. XX).

O autor apresenta as hipóteses gerais da Psicologia e Epistemologia Genéticas, além de alguns aspectos metodológicos das pesquisas psicogenéticas como fundamentação para a realização da investigação, ressaltando a preocupação central de Piaget da elaboração de uma epistemologia científica com a finalidade de explicar a gênese e a evolução do conhecimento; que apesar de não voltada à aprendizagem de conceitos pode fornecer interpretação para os problemas associados ao desenvolvimento desses conceitos científicos pelos estudantes, dado seu respaldo empírico de meio século de investigação psicogenética e sua busca por fundamentação na história da ciência. Nesse sentido, apoia-se, para tanto, numa revisão de trabalhos piagetianos, dos quais destaca a *Teoria da Equilibração das Estruturas Cognitivas* (Piaget, 1975 e Inhelder, García e Voneche, 1978) e outras “contribuições mais recentes” do CIEG, mais especificamente, as obras de Piaget e García, “*Las explicaciones causales*” (1973) e “*Psicogênese e História das Ciências*” (1987). Acerca dessa última, salienta que os autores: “buscaram demonstrar o problema dos instrumentos e mecanismos comuns em todos os níveis de desenvolvimento epistêmico” (TRIVELATO, 1989).

No capítulo I, o autor, ao especificar os aspectos da construção do conhecimento segundo uma perspectiva piagetiana, destaca especialmente a concepção de *causalidade*, os aspectos gerais da Teoria da Equilibração que explicam a construção do conhecimento e as etapas sucessivas nesse processo de desenvolvimento cognitivo. Nesse intento, faz, inicialmente, considerações a respeito do significado de “observação”, destacando a noção de “fato” esclarecida também por Piaget e García (1983) ...

[...] a constituição de um observável, envolve mais do que um simples registro de um dado perceptivo. É produto da união de um conteúdo dado pelo objeto e uma forma exigida pelo sujeito a título de instrumento necessário a qualquer constatação. [...] constatação não é nunca independente de um processo de assimilação que supõe certos instrumentos de registro da experiência [...] estruturas cognitivas do sujeito (esquemas operatórios, esquemas conceituais etc), os quais [...] não são inatos, mas construídos ao longo do processo de desenvolvimento cognitivo. No plano científico, esses instrumentos não são extensões físico-biológicas dos sentidos, proporcionadas pelos diferentes equipamentos. [...] a observação científica é uma atividade “carregada de teoria”.

[...] A propósito da constituição de um fato, Piaget e García (1987) esclarecem que a intervenção do sujeito “é tão importante que pode ir até uma deformação ou recalçamento do observável, o que desfigura o fato em função da interpretação” [...]. O progresso posterior nas interpretações será devido a uma generalização conduzindo ao estabelecimento de fatos gerais, que significa a passagem do “alguns” ao “todos” [...] um fato geral é uma lei, mesmo aquelas mais simples, cuja logicização permanece ainda qualitativa, até as leis físicas representadas por expressões matemáticas (TRIVELATO, 1989, p. 15).

... e de “explicação”:

[...] explicar é responder à pergunta “por quê?”, é tornar um fenômeno compreensível e não apenas constatar. No plano das ciências dedutivas é buscar a “razão” e no terreno das ciências físicas é mostrar as conexões causais. Em outras palavras, separar a razão de qualquer realidade, formal ou real, é mostrar sua necessidade e, em consequência, é apoiar-se sobre um modelo dedutivo. [...] Piaget reconhece que o fato mais fundamental do ponto de vista epistemológico é que toda explicação causal acaba por incorporar a noção de estrutura lógico-matemática em qualquer nível que seja. Sua hipótese sobre causalidade (entendida genericamente com qualquer explicação) é que esta resulta da “atribuição” de estruturas lógico-matemáticas do sujeito aos objetos, enquanto que a legalidade envolve apenas a aplicação dessas estruturas (TRIVELATO, 1989, p. 16).

Cita ainda artigo de García (1982a) no qual o autor resume a distinção feita por Piaget entre causalidade (explicação) e legalidade:

- As leis se referem a relações receptíveis, obtidas por constatação de fatos e se mantêm, por conseguinte, no domínio dos observáveis. As relações causais ultrapassam os observáveis.
- As leis somente expressam relações gerais; a causalidade envolve relações necessárias.
- As leis podem constituir afirmações isoladas sobre fatos particulares (ex.: o calor dilata os metais); a explicação causal requer relações coordenadas em um sistema, e somente o sistema em si é a fonte de necessidade.
- A legalidade somente envolve operações aplicadas aos objetos; a causalidade exige uma atribuição das operações aos objetos (GARCÍA, 1982a, p. 36)¹¹.

Na sequência, aspectos gerais da Teoria da Equilibração (PIAGET, 1976, 1986; PIAGET E GARCÍA, 1983; INHELDER, GARCÍA, VONECHE, 1978) são apontados como relevantes:

- O progresso dos conhecimentos não se deve a uma programação hereditária inata, tampouco ao somatório de experiências empíricas, mas sim resultado de processos inerentes a um mecanismo de autorregulação (equilibração) que conduzem em geral a um estado aprimorado em relação ao antecessor;
- O funcionamento da equilibração é explicado pelos processos de assimilação e acomodação, fundamentais a todo equilíbrio cognitivo;
- A fonte de progresso no desenvolvimento cognitivo deve ser procurada não só nos desequilíbrios provocados por perturbações, mas principalmente nas reequilibrações que não levam a forma anterior de equilíbrio;
- A Relação indissociável entre sujeito e objeto;

11 Tradução do autor.

- A importância dos conceitos de “abstração empírica”, “abstração reflexiva”, “generalizações completivas”, “equilíbrio majorante”, entre outros;
- As peculiaridades a respeito das etapas de construção do conhecimento e do desenvolvimento cognitivo das crianças e adolescentes (*intra, inter e trans*).

A respeito deste último, destacamos o trecho a seguir:

Na sucessão das etapas “intra”, “inter” e “trans”, assistimos à construção gradativa das estruturas operatórias e causais do sujeito, que permitem uma estruturação progressiva do real e uma abertura cada vez maior para novos possíveis.

Ao analisar as relações entre o desenvolvimento da criança e o do conhecimento científico, Piaget não tinha intenção de utilizar a este respeito a noção de recapitulação, segundo a qual a evolução das noções no desenvolvimento da criança reproduziria as etapas da construção dessas noções na História da Ciência. Embora tenha constatado algumas coincidências notáveis no desenvolvimento das noções da Mecânica, sua intenção era a procura de mecanismos comuns nos processos de construção de tais conhecimentos.

Piaget e García (1987) demonstraram na obra “Psicogênese e História das Ciências” que o desenvolvimento psicogenético da criança e a sucessão das teorias científicas apresentam em comum instrumentos de aquisição de saber, processos que resultam da sua realização e mecanismo de conjunto (TRIVELATO, 1989, p. 31).

Além desses elementos, no capítulo II, Trivelato (1989) discute contribuições específicas do trabalho de Piaget e colaboradores (PIAGET, 1975; PIAGET e INHELDER, 1941; PIAGET e GARCÍA, 1973; PIAGET e GARCÍA, 1987) acerca da construção das noções de conservação de quantidades físicas em sistemas contínuos e atomismo, destacando seu trabalho como uma continuação desses. Além disso, apresenta ainda uma análise de pesquisas em conceitos alternativos a título de comparação, destacando diferenças metodológicas relevantes entre estas com a abordagem da Escola de Genebra (DRIVER, 1989).

Destes elementos o autor extrai:

Ao analisarmos os resultados das pesquisas piagetianas (originais) e das pesquisas em conceitos alternativos, percebemos que muitas das discrepâncias são aparentes, em decorrência dos objetivos e enfoques distintos dessas pesquisas. As críticas que são feitas aos achados piagetianos sobre o desenvolvimento do modelo corpuscular e de suas relações com as noções de conservação são baseadas exclusivamente nos trabalhos realizados por Piaget e Inhelder antes de 1941, no livro “O desenvolvimento das quantidades físicas na Criança” (Piaget e Inhelder, 1975). As dificuldades que as crianças possuem em constituir um esquema corpuscular para explicar certas transformações da matéria já haviam sido constatadas pela Escola de Genebra antes de 1971, ocasião em que foi publicada originalmente a obra conjunta de Piaget e García (1971) “As explicações causais”.

[...] As pesquisas de Piaget e seus colaboradores refletem basicamente a preocupação com os mecanismos psicogenéticos em jogo na constituição das noções em questão.

[...] Já as pesquisas em conceitos alternativos são ricas em material empírico de natureza descritiva que, do ponto de vista prático, pode ser extremamente útil para o professor de ciências. No entanto, não foram planejadas no sentido de verificar quais os mecanismos psicológicos que explicam porque os estudantes têm dificuldades em utilizar o modelo corpuscular.

[...] Tendo em vista essas considerações, para estudar o desenvolvimento das noções de conservação e modelo corpuscular para a matéria, nossa atenção se voltará principalmente para os fenômenos nos quais não há modificações químicas profundas, envolvendo materiais com aparência contínua e nos quais se observam tanto desconcentração como concentração de matéria e, portanto, variação de propriedades intensivas (TRIVELATO, 1989, p. 57).

Segundo o autor, a coleta dos dados obedeceu uma perspectiva “transversal”, no sentido de se analisar número razoável de indivíduos de escolaridades diferentes, mas também como “estudo de caso”, dada a análise de forma exaustiva da situação de cada sujeito. Nesse processo, ele indica o “método clínico” (ou “de exploração crítica”) proposto por Piaget como a ferramenta mais adequada, com as devidas adaptações, para a análise empreendida.

O autor cita um estudo preliminar – anterior à pesquisa (feito em 1984) e que ajudou a idealizar o projeto da dissertação – no qual ele verificou o nível de conhecimento de Química que estudantes ingressantes em cursos de Biologia e Química da Universidade Federal de Uberlândia (MG), por meio de teste em que se pedia para que cada indivíduo representasse graficamente (desenhos) “a visão microscópica que possuía do ar, de um pedaço de metal e de um plástico”. Dessa investigação preliminar, Trivelato (1989) destaca que “eram poucos os sujeitos que representavam uma estrutura corpuscular para os três materiais. Em geral faziam representações corpusculares para o ar e o metal, mas não para o plástico”. Além disso, era comum a representação do ar como “um vazio absoluto” (TRIVELATO, 1989, p. 61). Na sequência, acrescenta motivo para uma mudança de rumos:

[...] dois fatos vieram a alterar o curso do nosso trabalho. Verificamos que esses estudos preliminares eram coincidentes em muitos aspectos com os realizados por Driver (BROOK, BRIGGS e DRIVER, 1984), publicados no mesmo ano e desconhecidos por nós. Outro fato surgiu de um estudo mais aprofundado da teoria piagetiana, principalmente das pesquisas realizadas sobre as noções de conservação e atomismo (PIAGET e INHELDER, 1975) e explicações causais (PIAGET e GARCÍA, 1973). Isto fez com que abandonássemos a ideia de realizar teste de avaliação de nível cognitivo, e passássemos a buscar experiências com estudantes que nos permitissem conhecer as suas noções sobre estrutura da matéria e verificar as relações com as noções de conservação (TRIVELATO, 1989, p. 62).

Outro estudo preliminar foi feito com estudantes de 5ª e 8ª série do ensino primário de uma escola de Uberlândia (MG), e com cinco alunos do primeiro período do curso de Química da Universidade Federal de Uberlândia. O protocolo é descrito pelo autor no trecho a seguir:

Foram três as experiências iniciais, realizadas nessa ordem: diluição do azul de metileno em água a diferentes temperaturas; evaporação do álcool (etanol) quando se abre um frasco contendo esta substância; e a mistura de álcool (etanol) e água em condições tais que a contração de volume é visível e a conservação da massa facilmente constatada. Fizemos doze entrevistas preliminares [...]. A partir dessas entrevistas exploratórias, elaboramos uma proposta de interrogação com um caráter mais sistemático (TRIVELATO, 1989, p. 65).

Para a versão definitiva da pesquisa foram realizadas 46 entrevistas (e aproveitadas 44¹²) distribuídos em três grupos: 11 alunos do primeiro grau (de 5ª a 8ª série), 17 alunos do ensino secundário (do 1º ao 3º ano do atual ensino médio) e 16 alunos dos primeiros períodos de cursos universitários; obedecendo critérios de distribuição proporcional do total de alunos de cada faixa: por série, sorteio de alunos pelo número na lista de chamadas, equilíbrio entre gêneros (masculino/feminino), estudantes entre os 11 e 18 anos em série correspondente à idade (na medida do possível) e disposição em participar da pesquisa.

A entrevista, com duração média de 40 min, foi segmentada em três etapas:

1ª etapa: realização do primeiro experimento (diluição de solução azul de metileno) e obtenção de respostas espontâneas, incluindo a representação do fenômeno através de desenhos e a respectiva interpretação.

2ª etapa: Realização do segundo experimento (mistura álcool-água) e obtenção de explicações espontâneas.

3ª etapa: Reexplicação dos fenômenos observados após apresentação de uma ficha contendo algumas informações básicas sobre o modelo corpuscular (TRIVELATO, 1989, p. 66).

Como resultados da análise das entrevistas, o autor destaca a elaboração de quatro categorias gerais de explicações causais (“modelos explicativos para a estrutura e transformações da matéria – aproximações sucessivas do modelo adotado pelos cientistas”):

- I. Explicações exclusivamente macroscópicas (simples descrição do fenômeno), com predominância de condutas *intra* e *inter*; dificuldade em justificar a conservação da quantidade de matéria;
- II. Explicações macroscópicas espontâneas evoluindo para um modelo corpuscular, com predomínio de conduta *inter*; já explicam a conservação recorrendo a mecanismo que abrange comutabilidade ou compensação das variações de aspectos do sistema; não apresentam espontaneamente explicações que resultem na existência de partículas microscópicas (somente após a apresentação de informações verbais);

Acerca dessas duas, acrescenta:

12 Duas entrevistas foram descartadas por motivo de registro incompleto.

Os sujeitos das etapas I e II, após tentarem uma explicação tipo *inter* sem sucesso, afastam a perturbação, ignorando-a ou distorcendo os observáveis do objeto. Tal conduta pode ser caracterizada como *intra*. O processo de equilíbrio não é majorante (TRIVELATO, 1989, p. 134).

E prossegue:

- III. Explicações corpusculares espontâneas através de modelo estático, e conduta de transição *inter-trans*; apresentam, de forma espontânea, explicações microscópicas recorrendo a um modelo corpuscular; nem sempre admitindo descontinuidade de forma evidente; variação da temperatura é associada ao distanciamento entre as partículas; existência de forças de interação (noções vagas);
- IV. Explicações baseadas na utilização do modelo corpuscular cinético, com predomínio da conduta *trans*; inclui, de forma explícita, descontinuidade e movimento; aberta progressivamente para “novos possíveis”; “constante atualização de cada um dos subsistemas (partícula, movimento e interação)”;

Além dessas, sintetizou também uma quinta categoria especial (V) com explicações corpusculares fortemente influenciadas por conteúdos escolares e aspectos afetivos dos sujeitos. E, por fim, o autor conclui que na sequência destas etapas foi evidenciada a “construção progressiva de um sistema de noções, que constitui um modelo causal para explicar as transformações da matéria” (p. 134), dado que pode fomentar uma série de implicações para o ensino de ciências (TRIVELATO, 1989, p. 141).

4.3.7. Dirceu da Silva (1989)

Um estudo psicogenético da velocidade angular e a construção de seu ensino. 1989. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho. Livro: *O ensino Construtivista da Velocidade Angular* (1990).

A pesquisa conduzida por Silva (1989) buscou compreender como crianças e adolescentes constroem as noções relativas às velocidades angular e linear em situações envolvendo movimentos de rotação, seguindo para tanto uma perspectiva denominada pelo autor como “piagetiana” ou “neo-piagetiana”. Os dados obtidos por meio da investigação

serviram ainda como fundamentação no planejamento e execução de uma ação de ensino em sala de aula controlada.

O autor afirma que seu trabalho se insere num contexto de “redescoberta da teoria de Piaget” por parte dos pesquisadores do ensino (especialmente do ensino de ciências) que começara nos anos anteriores em diversos países. Nesse sentido, argumenta que: “O aluno passa a ser elemento importante, senão fundamental e o ensino não só pautado por sequências lógicas, atraentes ou interessantes, mas levando em conta como esse aluno pensa e constrói o seu conhecimento” (SILVA, 1990, p.1).

Acerca desse interesse da pedagogia na obra de Piaget, o autor cita ainda Castorina et al (1988) que argumenta que o interesse dos educadores pela busca desse entendimento constitui aspecto fundamental para a abordagem de qualquer tarefa psicopedagógica. Ter uma maior compreensão das etapas de desenvolvimento intelectual permite, acima de tudo, fundamentar a reformulação dos métodos pedagógicos, podendo inclusive cooperar no diagnóstico e na condução dos trabalhos com certos distúrbios de aprendizagem.

Entretanto, SILVA (1990) acrescenta que apesar de a obra de Piaget contemplar extensa gama de estudos psicogenéticos de noções científicas, poucos estudos haviam acerca de conhecimentos escolares. Nesse sentido, o autor cita Coll (1987) que argumenta que tais conteúdos são dotados de “alto grau de especificidade”, e que, dessa forma, o modo como os estudantes desenvolvem essas noções progressivamente ainda seria pouco conhecido, sendo necessário portanto um aprofundamento nessa pesquisa acerca dos caminhos lógicos e procedimentais que os estudantes trilham na construção de tais conhecimentos específicos, caso se tenha por objetivo uma adequação dos conteúdos escolares e de suas metodologias aos níveis de construção psicogenética.

Em sua investigação, Silva (1989) toma como tema específico para seu estudo psicogenético o conceito de velocidade angular; e como metodologia de pesquisa da primeira etapa indica o método clínico, característico das pesquisas da escola de Genebra. As entrevistas eram estimuladas a partir de quatro situações físicas reproduzidas em maquetes. São elas:

1. Dois móveis (carrinhos) que percorriam pistas circulares e concêntricas, com simultaneidade das saídas e chegadas.
2. Uma barra com dois alfinetes espetados que era colocada a oscilar na vertical.
3. Um tronco piramidal de base triangular com dois alfinetes espetados em alturas diferentes, numa aresta, que girava na vertical.
4. Um sistema de duas polias acopladas. Dois alfinetes eram espetados no fio que ligava as polias.

As quatro situações foram primeiramente testadas com indivíduos de diversas idades a fim de verificar se seriam adequadas para a execução das entrevistas. Na versão final da investigação, foram entrevistados 47 crianças e adolescentes entre as idades de 7 e 14 anos, cuja análise possibilitou a definição de três níveis ou estágios diferentes de construção das noções de velocidade linear e angular, que reproduzimos a seguir:

Estágio 1 – Nesse estágio incluímos os sujeitos que não apresentam nenhum dos dois conceitos de velocidade. Apresentam ideias pouco elaboradas e sem critérios lógico-causais de coerência [...].

Estágio 2 – Nesse estágio incluímos os sujeitos que começam a empregar a noção de velocidade linear apenas. Como o grau de dificuldade é progressivo nas quatro situações físicas, resolvemos reagrupar os indivíduos em três sub-estágios.

Estágio 2A – Usam apenas a velocidade linear nas suas explicações, na situação 1. Nas outras três, têm o mesmo esquema explicativo dos sujeitos do estágio 1 [...].

Estágio 2B – Usam apenas a velocidade linear nas duas primeiras explicações. Nas situações 3 e 4 mostram explicações pouco elaboradas [...].

Estágio 2C – Usam a ideia de velocidade linear nas três primeiras partes apenas. A situação 4 mostram explicações ainda primitivas [...].

Estágio 3 – É nesse estágio que os sujeitos resolvem corretamente os quatro problemas. A velocidade angular aparece agora de forma muito particular: apenas nos 3º e 4º problemas e sob forma de uma contradição aparente, pois é coordenada e equilibrada pelos sujeitos (SILVA, 1990, p. 3-10).

E na sequência conclui:

[...] passamos a entender que os sujeitos constroem espontaneamente a ideia de velocidade angular, mas sempre associada a ideia de velocidade linear, através da solução ou equilíbrio de uma contradição aparente, porque as duas velocidades que poderiam ser contraditórias passam a ser usadas conjuntamente.

[...] Os sujeitos de um primeiro estágio não possuem as noções relativas aos conceitos de velocidade. No seu processo de construção do conhecimento físico, passam a se apoderar da razão espaço-tempo na descrição da natureza e na medida que evoluem, através de abstrações reflexivas, vão generalizando essa ideia para as situações mais e mais complexas. A partir daí, passam a construir uma contradição entre a velocidade angular e a ideia de velocidade linear, que centra-se na observância dos pontos e começam também a observar o todo em movimento, ao redor de um eixo de rotação. Essa contradição faz-se equilibrada no momento em que a ideia de velocidade deixa de ser única, aparecendo assim a velocidade angular (SILVA, 1990, p. 12).

Após a conclusão dessa etapa o autor se dedica ao planejamento e execução de uma estratégia de ensino. Nesse processo, no item “Bases teóricas e propostas construtivistas”, faz uma revisão de bibliografias disponíveis que julga serem interessantes para a construção da proposta de ensino. Nesse exercício reflexivo o autor cita, por exemplo, o resumo que extrai de Driver (1985), para a qual a concepção de Piaget para o ensino seria, essencialmente, “um processo ativo no qual o aluno constrói seu conhecimento através da interação com o objeto e resolve um conflito cognitivo, o qual pode existir entre a previsão e a observação”.

Destaque especial é feito ao artigo escrito por Rolando García, “*El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias*” (1982a) do qual Silva (1990) extrai diversos elementos:

- Do caráter inovador, porém não trivial, da teoria genética para o ensino de ciências:

Os avanços obtidos pela teoria do conhecimento e pela psicologia da inteligência permitem, hoje, considerar o problema do ensino das ciências a partir de uma perspectiva diferente da pedagogia tradicional.

[...] Não se trata, sem dúvida, de um conjunto de conhecimentos pelos quais: se possa extrair dedutivamente uma série de princípios diretamente traduzíveis em procedimentos de ensino. Se trata não mais — mas não menos! — de uma possibilidade concreta de reformular o problema sobre bases suficientemente sólidas, que permitam orientar tanto à investigação pedagógica, como à atividade cotidiana dentro da aula (GARCÍA, 1982a).

- Da dificuldade em transformar em método de ensino a concepção do aluno como sujeito construtor do seu conhecimento (e não optar por um ensino linear baseado em repetição): “A razão é que o sujeito não ‘lê’ uma experiência por simples ato de cópia. As ‘leituras’ são os processos de assimilações aos esquemas dos sujeitos” (GARCÍA, 1982a).
- Dos dados que a teoria construtivista tem aportado para o problema de como o sujeito elabora o conhecimento:

1) o sujeito só pode observar aquilo que os instrumentos que já tem construído lhe permitam assimilar. A assimilação é um processo de incorporação a esquemas de ação ou a esquemas conceituais pré-existentes ou de coordenação de dois ou mais desses esquemas

2) os esquemas “pré-existentes” têm sido construídos, e nessa construção as ações do sujeito sobre os objetos têm representado um papel fundamental.

3) A assimilação de uma nova experiência, isto é, de uma situação onde entram novos tipos de relação, não pode realizar-se sem que se construam os esquemas ou coordenações dos seus correspondentes (ou, num nível mais avançado, as estruturas operatórias que estão em jogo). A ação direta, a manipulação dos objetos envolvidos nessas ditas relações, não fazem surgir os instrumentos necessários para essa experiência (ainda que possam favorecer ou acelerá-la).

[...] Pouco é aclarador determo-nos apenas nas descrições dos estágios ... mais importante, para o professor, é compreender qual é o mecanismo de assimilação pelo qual a criança chega a tais conservações. Porque só assim poderá criar as situações adequadas para favorecer o desenvolvimento conceitual da criança e obter o máximo de proveito dos avanços dados (GARCÍA, 1982a).

Como resumo das ideias apresentadas nessa fundamentação, para a construção de sua proposta o autor destaca duas atitudes importantes:

1) partir das concepções iniciais dos alunos e desencadear o processo de ensino começando por eles;

2) buscar um conflito ou desequilíbrio de natureza cognitiva, entre as concepções de velocidade, do aluno, para levá-lo a construir o seu conhecimento (SILVA, 1990).

Além disso, destaca que o mecanismo de assimilação a ser explorado na situação de ensino é o da “contradição” que aparece entre a velocidade linear e a velocidade angular, após superado o estágio em que os indivíduos generalizam a noção de velocidade linear.

A proposta de ensino foi planejada para ser executada com 53 alunos da 2ª série do ensino secundário. A parte inicial de sua execução consistiu na realização de um pré-teste do qual o autor extrai uma hierarquia de esquemas explicativos, classificando os estudantes em quatro categorias para verificar posteriormente se a ação pedagógica conduziu a uma aprendizagem; da menos elaborada (incoerências explícitas nas ideias acerca dos conceitos de velocidade), até a mais elaborada (distinguem velocidade angular de linear). A divisão de indivíduos teve predominância na categoria menos elaborada (categoria 1: 34 alunos; categoria 2: 7 alunos; categoria 3: 7 alunos; categoria 4: 5 alunos) (SILVA, 1990, p. 26). Esse esforço foi determinante, segundo o autor, para as etapas seguintes da intervenção:

Os conhecimentos que obtivemos através da análise da pesquisa psicogenética e do pré-teste, permitiu que rapidamente pudéssemos saber qual era a estrutura lógico-causal contida em cada resposta de um aluno. Não só aprimoramos a nossa sensibilidade de percepção como cercamo-nos de certezas e de poder de intervenção na forma de pensar dos adolescentes,

Para planejarmos a nossa ação em sala de aula, buscamos usar de estratégias em que os alunos pudessem não só expor explicitamente as suas ideias, mas também interagir com outros, para melhorá-las ou modificá-las.

Então, partimos da hipótese de que o mecanismo de passagem de uma estrutura inicialmente elaborada para a estrutura de pensamento das explicações mais elaboradas, que contenham as duas velocidades, dá-se pela construção de uma contradição aparente entre as mesmas. Tentamos fazer os alunos interagirem cognitivamente entre si mesmos, buscando aparecer as divergências de opinião (SILVA, 1990, p. 28).

Na sequência, a ação pedagógica envolveu duas aulas destinadas a discussão dos resultados do pré-teste em grupos de 4 a 5 alunos e posteriormente um debate geral entre os estudantes; as discussões permitiram, segundo o autor, o início do processo desejado de desequilíbrio cognitivo no grupo.

Na quarta aula houve uma intervenção do professor com a introdução dos conteúdos curriculares como forma de proporcionar um novo equilíbrio, “apresentando as duas velocidades como necessidade de explicação de fenômenos”. As duas aulas seguintes foram destinadas à resolução de exercícios do livro didático adotado no curso regular dos estudantes e no tratamento de outros aspectos associados aos movimentos circulares (em especial, as acelerações centrípeta e tangencial).

Após duas semanas, foi realizado um pós-teste no qual a classificação dos estudantes de acordo com as quatro categorias explicativas já sofrera mudança significativa (categoria 1: 9 alunos; categoria 2: 8 alunos; categoria 3: 12 alunos; categoria 4: 24 alunos), que seria ainda mais ampliada em testes de retenção posteriores – aplicados após, respectivamente, 9 e 25 semanas – resultando numa classificação final de grande parte dos estudantes na categoria de explicações mais elaboradas (categoria 1: 2 alunos; categoria 2: 6 alunos; categoria 3: 3 alunos; categoria 4: 42 alunos) (SILVA, 1990, p.36).

Como conclusões o autor destaca os seguintes elementos:

- O ensino tradicional não respeita a forma de pensar dos estudantes; é preciso mudá-lo;
- O estudo psicogenético contribui para entender as etapas que cada sujeito deve passar na construção do conhecimento e os desequilíbrios necessários para a construção das noções físicas;
- Um conceito não é aprendido por recepção passiva, mas no processo de busca por novos elementos que reequilibrem sua estrutura;
- O desequilíbrio deve proporcionar o conflito cognitivo e a necessidade de construção de nova noção de velocidade;
- Resultados satisfatórios em virtude no nível de aprendizagem atingido;
- O professor deve ter jornada de trabalho adequada para se preparar para uma tarefa dessa complexidade.

4.3.8. Roberto Nardi (1990)

Um estudo psicogenético das ideias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito. 1990. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

A pesquisa conduzida por Nardi (1990) teve como objetivo principal analisar o processo associado à evolução das noções de “campo” por meio das explicações causais concedidas por estudantes de diversos níveis de ensino (da 1ª série do ensino primários à 3ª série do secundário – de 6 a 17 anos) em entrevistas clínicas realizadas com o auxílio de cinco situações desencadeadoras. A escolha pela realização de um estudo psicogenético encontra

especial respaldo no reconhecimento da “aprendizagem como um processo de construção de conhecimento”, seguindo assim uma linha construtivista.

Num primeiro momento o autor destaca que, nos anos anteriores à apresentação de sua tese, a atenção entre os pesquisadores da área de Ensino de Ciências se voltara para um estudo mais aprofundado acerca das concepções que os estudantes apresentam antes do processo educativo, os chamados “conceitos espontâneos”¹³. Segundo ele, os resultados dessas pesquisas fundamentariam ainda outras investigações na procura por um referencial teórico para pensar o ensino de ciências no sentido de transformar essas noções espontâneas em noções científicas num processo de “mudança conceitual”, grande parte desses a partir de uma perspectiva construtivista:

Esses pesquisadores têm estudado as noções dos alunos a partir de uma visão construtivista, em que a ênfase é dada ao papel do aluno como construtor de seu próprio conhecimento. Ao adotar esse enfoque construtivista, uma parte desses pesquisadores vê nos estudos epistemológicos de Piaget e seus colaboradores algumas das respostas ao problema da construção do conhecimento científico, adotando a teoria piagetiana como fonte de referência. Os trabalhos de Furth e Wachs (1974), Chiapetta (1976), Halbawchs (1979), Aiello-Nicosia (1980), García (1982), Saraiva (1986), Coll (1987) e Castorina (1988), por exemplo, mostram a relevância das ideias de Piaget para se entender o fenômeno da aprendizagem (NARDI, 1990, p. 2).

Como outros exemplos de estudos pautados nessa perspectiva piagetiana, Nardi (1990) destaca, ainda, as pesquisas realizadas no contexto do LaPEF sob orientação da Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho que versaram acerca do desenvolvimento dos conceitos de velocidade (TEIXEIRA, 1985), quantidade de movimento (CARVALHO, 1986), aceleração (LABURÚ, 1987), centro de massa (VALLE FILHO, 1989), velocidade angular (SILVA, 1989) e conservações e modelo corpuscular (TRIVELATO, 1989), destacando que estudos dessa natureza poderiam subsidiar a elaboração das estratégias de ensino de um determinado conceito, ao proporcionar melhor compreensão acerca de “como e quando as ideias sobre o assunto nascem e se desenvolvem no aluno” (NARDI, 1990, p. 4).

A justificativa para a escolha do conceito de campo reside na importância deste para a construção das diversas áreas do conhecimento físico (Mecânica Clássica, Eletromagnetismo, Mecânica Quântica etc.) ocupando, para muitos, um “papel unificador”, destacado, como lembrou Nardi (1990), inclusive por Einstein e Infeld no livro “A evolução da Física”:

Um novo conceito aparece na física, o mais importante desde o tempo de Newton: o campo. É necessário grande imaginação científica para compreender que o essencial

¹³ Acerca desses, o autor cita os estudos de Doran (1972), Viennot (1979), Driver (1985) e Watts e Zylberstajm (1981).

na descrição dos fenômenos físicos não é a carga ou a partícula, mas o campo no espaço entre as cargas e as partículas. O conceito de campo mostra-se o mais aceitável e conduz à formulação das equações de Maxwell, que descrevem a estrutura do campo electromagnético e governam tanto os fenômenos elétricos como os ópticos (EINSTEIN E INFELD, 1988).

No capítulo 2, o autor discorre sobre “A gênese, a psicogênese e a aprendizagem de conceitos”, fazendo um panorama dos elementos da teoria psicogenética que julga pertinentes a seu trabalho ressaltando a importância de um estudo dessa natureza como subsídio para a elaboração de estratégias de Ensino dos conceitos físicos.

Nesse sentido, destaca que Piaget e colaboradores foram pioneiros na pesquisa da psicogênese dos conceitos, citando estudos que versavam sobre a construção de noções numéricas (PIAGET e SZEMINSKA, 1941), as noções de tempo, movimento, velocidade etc. (PIAGET, 1946), o desenvolvimento de quantidades físicas como peso e volume (PIAGET e INHELDER, 1975) entre outros. Cita em especial, o resumo feito por Inhelder no prefácio de “*Psicogênese e História das Ciências*” (PIAGET e GARCÍA, 1987) acerca do trabalho de Piaget, e destaca a conclusão da nobre colaboradora do CIEG de que a referida obra, na qual os autores se aprofundam no estudo da evolução histórica das ideias científicas, constituiria o “ponto culminante” da compreensão de Piaget acerca da gênese do desenvolvimento na criança.¹⁴

Além disso, o autor acrescenta, e para isso cita García (1982a), que a teoria genética passou a ser percebida como: “uma nova concepção sobre a aquisição do conhecimento, a partir da qual a investigação pedagógica adquire novo sentido”, o que, no caso, “talvez lhe tenha imputado um grau de complexidade completamente inesperado, um verdadeiro salto qualitativo no desenvolvimento da pedagogia”, pois vinha “acompanhado de uma concepção teórica frente a qual a velha pedagogia discursiva cessa de ter vigência” (GARCÍA, 1982a, p. 34).

Nesse sentido, destaca tentativas de aplicação da epistemologia genética nos trabalhos desenvolvidos por Kamii e Devries (1986), Loveel (1988), Benlloch (1984) e, em especial, por Coll (1987) que o auxiliaria no destaque a três aspectos educacionais que a teoria fundamentaria de forma significativa¹⁵. São eles:

14 Antes dessa, cita as duas sínteses anteriores: “Introdução à Epistemologia Genética” (PIAGET, 1950) e “Ensaio sobre a Lógica Formal e o Pensamento Real” (BETH E PIAGET, 1961)

15 Na tese, Nardi (1990) aponta as críticas e a defesa Coll (1987) acerca desses pontos.

- O estabelecimento de objetivos educacionais: a psicogênese de um conceito pode fornecer informações acerca da construção gradativa das noções e de que forma ocorre a busca pela equilibração das estruturas no sujeito;
- A Seleção e organização dos conteúdos em acordo com a “complexidade estrutural”: a adequação do ensino em conformidade com as competências operatórias de assimilação dos estudantes seria especialmente útil para disciplinas como matemática e física;
- Influência nos métodos de ensino: a preocupação de se empregar procedimentos metodológicos com o objetivo de fomentar processos internos de equilibração nos estudantes por meio de um ambiente estimulante e da realização de atividades de caráter auto-estruturante, autodirigidas e não apenas a recepção passiva de informações.
- E nesse sentido salienta:

Assim, conhecer como o ocorre a gênese de um conhecimento no indivíduo é importante para o educador, não só em termos de possibilitar intervenções de ensino de aspectos isolados, mas sobretudo, num contexto mais amplo: ao entender os detalhes de todo um processo de aquisição de conhecimentos, o educador passa a atuar de maneira mais consciente, respeitando a complexidade de evolução natural; ele passa a “ler” as reações dos alunos de outra maneira; ao invés de apenas discernir entre o supostamente certo (científico) e o supostamente errado (do aluno), passa a entender a diferença em termos de estágios de construção ou evolução no pensamento do indivíduo (NARDI, 1990, p. 17).

Outro aspecto relevante a ser destacado pelo autor nesse processo de construção do conhecimento, e com importância significativa na reflexão acerca do processo de aprendizagem escolar é a História da Ciência. Para tanto, no item seguinte, “A história da ciência, a aprendizagem escolar e a construção do conhecimento”, salienta que a evolução da ciência segue processo semelhante ao desenvolvimento cognitivo no sujeito cognoscente. A evolução percebida na história da ciência, entretanto, seria muito mais complexa em virtude da sujeição a inúmeros componentes sociais e condicionantes externos.

Acerca dessa perspectiva, abordagem destacada é a de Piaget e García (1987):

Piaget e García (1987) relacionam a gênese do conhecimento na criança com a evolução histórica das ideias científicas. No caso específico da evolução da Física de Aristóteles à Mecânica do “*impetus*”, estabelecem correspondências entre as quatro fases históricas na Ciência [...] com as quatro etapas da psicogênese. As correspondências deste tipo levaram Piaget e García à conclusão de que “o paralelismo entre a evolução das noções do decorrer da história e no seio do desenvolvimento psicogenético refere-se ao próprio conteúdo das noções sucessivas”, considerando isto coerente por se tratar de conceitos “de algum modo pré-científicos”.

Eles, entretanto, consideram “absurdo procurar generalizar um paralelismo de conteúdo no caso das teorias propriamente científicas, como as que surgiram entre a mecânica newtoniana e a relatividade Einsteiniana”.

Dirigem, assim, seus esforços não para o conteúdo das noções mas para os instrumentos e mecanismos das suas construções, identificando vários mecanismos de semelhança. Consideram importante, entretanto, tornar claro que o objetivo que procuram atingir [...] “mostrar que os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seu sucessor”¹⁶ (NARDI, 1990, p. 29).

E nesse sentido conclui a reflexão desse capítulo:

Reconhecer na História da Ciência ou na psicogênese exemplos de construção é importante para nos conscientizarmos de que a aprendizagem é algo que se processa de maneira semelhante. O importante é, portanto, “ler” nessas experiências paralelas possíveis situações com as quais poderemos defrontar-nos, ao analisar processos de construção – como a aprendizagem” (NARDI, 1990, p. 23).

Na sequência, o trabalho inclui um levantamento histórico acerca da evolução das noções que resultaram na compreensão física do conceito de campo de força, tendo em vista estabelecer uma “sequência de referências” com fim de subsidiar o estudo psicogenético proposto dentro dos marcos teóricos estabelecidos no capítulo anterior. Dos elementos discutidos nesse capítulo, destaca-se:

- As teorias de campo atuais como solução moderna na resolução da questão “como um corpo age sobre o outro?”, que já preocupava os gregos na Antiguidade e cujas explicações eram de caráter “animista” (BERKSON, 1974).
- Na idade média, um prenúncio de uma teoria da ação à distância (Al Khazini) e a ideia de transmissão de forças ou energia entre os corpos análoga a uma onda (Roger Bacon) (JAMMER, 1957); na China, maior ênfase numa física de campo que no ocidente (SCHENBERG, 1984).
- A obra “*De Magnete*” de Gilbert como início das teorias baseadas na experimentação e a correspondente proposição do planeta Terra como um grande ímã, centro das forças magnéticas, distribuídas em todas as direções a sua volta, formando a chamada “*orbis virtutis*” – prenúncio (magnético) do que se reconhece hoje como campo gravitacional.
- Ideias de Copérnico, Galileu, Kepler, Descartes, Huygens, entre outros, culminando com a teoria de ação à distância de Newton (1686);
- Estudos de eletricidade e magnetismo: Priestley e Coulomb (ação à distância para cargas elétricas); Oersted e Ampère (força magnética devido à corrente elétrica);

16 Trechos extraídos pelo autor de Piaget e García (1987, p. 39).

- Os experimentos de Faraday e sua teoria de Campo.

A coleta dos dados foi realizada por meio do registro em vídeo das entrevistas com duração média de 30 minutos, conduzidas segundo o método de exploração crítica. Quatro experimentos simples foram selecionados¹⁷, levando-se em conta aspectos característicos do campo magnético, elétrico e gravitacional, com o fim de desencadear os questionamentos do entrevistador na busca por verificar como os estudantes constroem as principais propriedades de um campo físico e, nesse intento, investigar como estas noções evoluem em conformidade com os estágios de desenvolvimento cognitivo.

O protocolo seguido na condução das entrevistas envolvia questões nas quais se buscava analisar qualitativamente algumas propriedades do conceito de campo, como exemplo:

P1 - O campo existe em todos os pontos em torno de uma fonte geradora.

P2 - A atuação da força do campo depende da distância da fonte geradora (segundo leis matemáticas).

P3 - O campo é uma grandeza vetorial, isto é, deve ter uma direção e um sentido.

P4 - A ação entre dois corpos leva tempo para ocorrer, isto é, não é instantânea

(NARDI, 1990, p. 105-106)

Num momento final, o entrevistador buscava, por meio de questionamentos, integrar as respostas fornecidas pelo estudante, observando assim se o entrevistado conseguia estabelecer características comuns entre as situações apresentadas e se conseguia, portanto, generalizá-las numa só “explicação causal” associada à noção de campo ou a outro modelo que consiga elaborar (NARDI, 1990, p. 124).

Como resultados, o autor destaca a observação de três níveis de explicações causais apresentadas pelos sujeitos:

1) Nível I – entre 6-9 anos:

- Não reconhecem as propriedades do campo físico, recorrendo a crenças animistas (as ações entre os corpos ocorrem pelo contato com o “ar”, “vento” etc.), no sentido do verificado por Piaget (1978);
- Apresentam explicações restritas para os fenômenos apresentados; sequer reconhecem uma ação à distância entre os corpos;

¹⁷ Experimentos constituídos de materiais como ímãs e objetos metálicos, ímã com limalha de ferro, pêndulo elétrico, e um dispositivo onde se mostrava um astronauta no espaço.

- Usualmente possuem concepção terraplanista e, ainda que reconheça a esfericidade da Terra, não possuem a noção de espaço, nem da gravidade como responsável pela queda dos corpos;
- Não generalizam as situações numa única explicação causal (NARDI, 1989, p. XX);
- O autor recomenda para esse nível destacar a fonte geradora e contrapor o contato com a ação à distância;

2) Nível II – entre 10(9) - 12(13) anos:

- Denotam características mais estruturadas que as do nível anterior;
- Admitem certas propriedades, como P1 e P3, do campo físico;
- Reconhecem uma ação à distância causadora da atração ou repulsão entre os corpos;
- Permanência de explicações animistas em alguns sujeitos;
- Já é presente em alguns a concepção do planeta Terra mais próxima à científica, porém, grande parte explica a queda dos corpos para um chão hipotético localizado sob o planeta.
- Apesar de conseguirem generalizar certas situações, não conseguem usualmente reunir todas as situações desencadeadoras numa única explicação causal;
- Alguns apresentam limitação à ação a distância (atmosfera terrestre, por exemplo);
- Presença de sujeitos em subnível mais elaborado (II-B), concebendo a diminuição da força com o aumento da distância;
- O autor entende que o conceito de campo pode ser introduzido no final dessa etapa, numa transição com o próximo nível.

3) Nível III – a partir dos 13-14 anos

- Usualmente reconhecem as propriedades do campo físico; a ação entre os corpos nas experiências é atribuída a um campo gerado por uma fonte;
- O vocabulário utilizado é mais coerente com o científico (teoria de campo ensinada no ensino secundário);
- Evidenciam concepção mais elaborada cientificamente acerca do planeta Terra, atribuindo à ação do campo de forças o fenômeno da queda dos corpos;
- Permanência de certo fator limitador (Nível III-A);

- As diferentes situações apresentadas são generalizadas numa mesma explicação causal envolvendo o conceito de campo físico;
- Presença de sujeitos em subnível mais elaborado (III-B);
- O autor recomenda a utilização das analogias utilizadas pelo nível III-B como recurso didático facilitador.

Além destes resultados o autor acrescenta uma discussão acerca das semelhanças entre modelos históricos, discutidos no capítulo 3, e os modelos de alguns estudantes e algumas inferências a respeito da influência da televisão (desenhos animados, ficção etc.) sobre a noção de campo dos alunos. Acrescenta ainda panorama acerca da “evolução das concepções sobre o planeta terra como corpo cósmico” (exposta na figura a seguir).

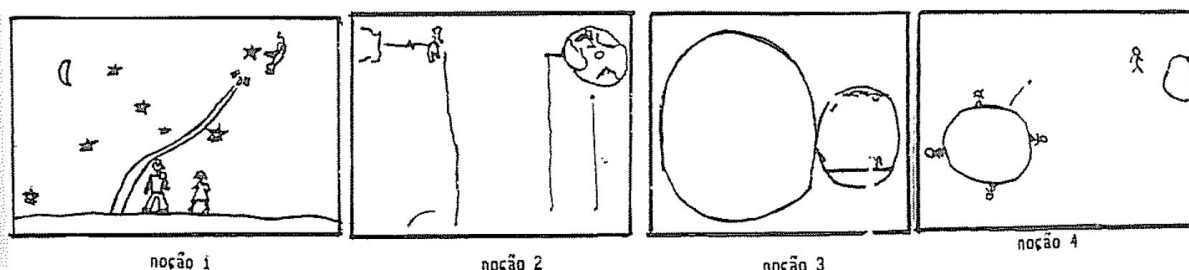


Figura 4 – Sequência de desenhos – evolução da concepção do planeta Terra, de acordo com os sujeitos da amostra da pesquisa (NARDI, 1990, p.178)¹⁸

Essas e outras implicações, segundo o autor, devem servir como subsídio aos docentes que almejam a condução do processo de ensino e aprendizagem das noções físicas numa perspectiva construtivista. Para isso, salienta a relevância do recurso à História da Ciência, em todas as suas dimensões, e a importância de “sintonizar o ensino com o léxico do aluno” e do cuidado na seleção dos materiais adotados.

4.3.9. Maria Eliza Gonçalves (1991)

O conhecimento Físico nas primeiras séries do Primeiro grau. 1991. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

¹⁸ Imagem indicada pela pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho durante nossa entrevista.

Na referida dissertação de mestrado, a autora se apresenta como fortemente inspirada na teoria piagetiana no que se refere a uma interpretação de natureza construtivista acerca do desenvolvimento intelectual de crianças. Sendo esta uma investigação cuja temática envolve o ensino de física, cita com especial atenção, num primeiro momento, uma série de referências vinculadas à teoria Piagetiana acerca do ensino de ciências. Recebe destaque, nessa reflexão, elementos que autora extrai da percepção de García (1982a) acerca da relação entre a teoria de Piaget e o ensino de Ciências:

García (1982), analisando as possibilidades da aplicação da teoria do conhecimento de Piaget no ensino de Ciências, afirma que a maior parte delas está cheia de confusões, provocadas principalmente pela falta de um aprofundamento no corpo teórico que fundamenta esta teoria, que é bastante complexa. Enumerando algumas dessas confusões, ele começa dizendo que é preciso reconhecer as distinções entre epistemologia, psicologia e pedagogia, ainda que não se ignore as interações entre estas três áreas do conhecimento. As especificidades de cada uma delas estão determinadas pelo tipo de pergunta que se pretende responder (GONÇALVES, 1991, p. 4).

Acerca disso, argumenta que enquanto o epistemólogo faz perguntas do tipo “o que é o conhecimento?” e “como o sujeito aprende?”, o psicólogo se preocupa com o desenvolvimento da criança e como ela pensa em diferentes estágios de seu desenvolvimento. Para o educador restaria a tarefa de compreender e incorporar elementos do que era produzido nesses dois campos e assim ampliar o alcance de sua prática de ensino.

Outros elementos são destacados pela autora do artigo de García (1982a), como o papel que a “ação” do sujeito representa na construção do conhecimento:

Segundo García (1982), a palavra “ação” para Piaget tem pelo menos dois significados: ação pode significar fazer alguma coisa com o objeto como empurrá-lo, mas uma criança pode agir também sobre um objeto sem mesmo tocá-lo. Quando uma criança olha para um cubo e o percebe como um cubo, pode-se dizer que ela está agindo sobre ele. Assim, não é a ação direta (manipulação) que gera o conhecimento. Não se adquire a ideia de peso, pesando objetos, nem a de elasticidade esticando elásticos. Através dos estudos psicogenéticos a respeito da evolução, por exemplo, do conceito de peso nas crianças, pode-se mostrar isso pois como interpretar a transição, de uma etapa a outra desse conhecimento, se a manipulação é sempre a mesma? A razão disso é que a criança não lê o mundo exterior e seus objetos tal como eles se encontram na realidade exterior; a criança só pode observar aquilo que os instrumentos lógicos já construídos lhe permitem assimilar. As ações do sujeito sobre os objetos representam um papel muito importante na construção dos esquemas de assimilação. A manipulação dos objetos não faz surgir os instrumentos de assimilação necessários para uma experiência, mas poderá favorecer ou acelerar sua formação.

Considerando isso, García (1982) conclui que a consequência natural e quase trivial que a pedagogia pode extrair desses fatos é que não se deve apresentar à criança fenômenos ou fatos que não levem em consideração as etapas do desenvolvimento cognitivo das crianças e sua possibilidade de assimilar uma experiência, mas resta a pedagogia pesquisar qual é o aparato conceitual que permite assimilar cada fenômeno no momento do ensino, quais experiências podem mostrar se a criança

está em condições para essa assimilação, que tipo de experiências podem favorecer sua construção e, principalmente, será preciso refletir sobre a possibilidade de separar o ensino de ciências do ensino desses instrumentos de assimilação, que são necessários para a compreensão da própria ciência e da realidade (GONÇALVES, 1991, p. 6-7).

Destaca ainda a necessidade de adequação dos observáveis àquilo que os sujeitos podem assimilar:

García (1982) ainda nos chama a atenção enquanto educadores e principalmente professores de ciências naturais para o fato de que os observáveis ou fatos constatáveis que nós frequentemente apresentamos a nossos alunos, devem ser definidos por meio do que o sujeito acredita e pode constatar. Uma constatação depende dos instrumentos de registros da experiência. Nestes registros interferem, não só a percepção sensorial mas também a posse de estruturas lógicas, pois os sujeitos acreditam perceber o que na realidade muitas vezes não existe. Aquilo que um sujeito chama de um fato ultrapassa o simples observável, pois apresenta já uma conceitualização para a qual uma interpretação é necessária. Logo, as inferências representam um papel fundamental na interpretação envolvida em toda constatação ou observação. García (1982) considera simplistas e ingênuas as crenças dos empiristas nas quais o que uma criança assimila é sempre considerado como imediatamente dado em uma experiência e uma reflexão a este respeito deve ser feita pelos pedagogos que podem criar situações adequadas que favoreçam o desenvolvimento conceitual da criança e podem assim tirar mais proveito dos avanços que elas obtêm nestas situações de ensino (GONÇALVES, 1991, p. 8).

Outras implicações extraídas de Coll (1987) e Halbwachs (1987) são apresentadas como aplicações da teoria genética para pensar o ensino de ciências, como uma crítica a experiências puramente perceptivas ou meramente quantitativas (sugere-se prioridade à construção das noções de conservação); e a seleção de conteúdos e adequação conforme a complexidade das noções e as competências operatórias necessárias à sua aprendizagem.

Numa segunda parte dessa primeira reflexão sobre a aproximação entre a teoria de Piaget e o ensino de ciências a autora esboça reflexões próprias sobre seu encontro na qualidade de professora e pesquisadora do ensino de Física com a teoria genética. Nessa discussão, salienta o trabalho do grupo de pesquisa da qual faz parte, enfatizando os trabalhos já apresentados e implicações extraídas da teoria genética:

O grupo de pesquisa ao qual pertencemos, vem buscando compreender e explicar como os alunos constroem determinadas noções ou conceitos físicos. Os trabalhos de Carvalho (1986), Silva (1989), Valle (1989), Laburu (1987), Teixeira (1987), Nardi (1990), são estudos psicogenéticos de noções físicas que são comumente conteúdos escolares. Sendo professores, a escolha de se estudar tais noções não foi feita aleatoriamente, mas traz em seu seio uma preocupação com o indivíduo-aluno, a Física, a sala de aula e todas as implicações que possam ser estabelecidas entre esta tríade. Estes pesquisadores procuraram ainda os historiadores da ciência, buscando compreenderem como se deu a evolução das ideias a respeito destes conceitos físicos no meio científico e acreditam que de alguma forma tal compreensão possa ajudar na reformulação dos problemas de ensinar e aprender Física na escola (GONÇALVES, 1991, p. 15).

O contato próximo da autora com estes trabalhos, segundo ela “fortemente influenciados pela teoria genética em termos de metodologia, aliado a uma preocupação em aproximar tais estudos da realidade da sala de aula” (GONÇALVES, 1991, p. XX) proporcionou uma reflexão sobre uma série de aspectos gerais destes estudos psicogenéticos, dentre os quais destacamos:

- Os estudos psicogenéticos das noções físicas evidenciam algumas etapas da evolução destes conceitos na mente da criança;
- Os estudos permitem “ver o nosso o aluno de forma diferente”. Tendo consciência da capacidade dos sujeitos em pensar muitas coisas sobre determinadas noções, o processo de aprendizagem passa não mais a ser visto como uma recepção passiva e a “ideia incorreta” assume papel de elemento “em evolução”;
- Ter conhecimento acerca de como os alunos elaboram uma noção, deve refletir na prática de ensino: “[...] saber como os sujeitos de várias idades explicam as causas de um fenômeno físico pode ser traduzido em procedimentos didáticos, criando atividades que tornem possível aos alunos expressarem aquilo que realmente pensam”.

Na sequência, como referência de destaque para a aproximação entre a teoria piagetiana e a pedagogia, a autora aponta o trabalho de Kamii e DeVries (1986), argumentando que, segundo o próprio Piaget, as autoras “compreenderam o caráter fundamental de sua teoria que é o construtivismo: como os indivíduos constroem o seu próprio conhecimento do mundo físico através de suas interações com os objetos” (GONÇALVES, 1991, p. 41). Nesse sentido, as ações dos sujeitos representam papel imprescindível na compreensão dos fenômenos físicos, “essência do conhecimento físico”. Os princípios de ensino extraídos pelas autoras com base nos “níveis evolutivos de ação” que a criança pode possuir com os objetos do mundo físico, refletiriam nas etapas:

- I. Agir sobre os objetos para ver como eles reagem;
- II. Agir sobre os objetos para realizar neles um efeito desejado;
- III. Ter consciência de como se produziu o efeito desejado;
- IV. Explicação das causas (GONÇALVES, 1991, p. 42).

A pesquisadora brasileira salienta ainda que as autoras aplicaram tais princípios na elaboração de atividades envolvendo o conhecimento físico para crianças anteriores ao período pré-escolar, entendendo que os respectivos níveis de ação possíveis dessas crianças

não atingem as explicações das causas dos fenômenos abordados. Nesse sentido, argumenta que os esforços de sua pesquisa se destinam a crianças de uma faixa etária imediatamente acima da pesquisa de Kamii e DeVries (1986) (em primeiras séries do ensino primário) e seu interesse imediato seria “fazer com que o nível da explicação das causas possa ser atingido por essas crianças”.

Como aprofundamento dos princípios de ensino extraídos por Kamii e DeVries (1986), a autora discute ainda no terceiro capítulo do trabalho três nichos de fundamentação da teoria piagetiana que serviriam de referência para pensar os princípios sintetizados anteriormente. São eles: “Fazer e Compreender” (PIAGET, 1978b), “A causalidade Física” (PIAGET e GARCÍA, 1973; 1983; PIAGET, 1927) e “A tomada de consciência” (PIAGET, 1978a).

Destacamos abaixo trechos trazidos pela autora das obras de Piaget produzidas em parceria com Rolando García (1973; 1983), com destaque para as questões da causalidade:

Explicar um efeito por um conjunto de condições consideradas causais equivale a mostrar, por um lado, quais foram as transformações que o produziram, e por outro, como a novidade do resultado corresponde a certas transmissões a partir dos estados iniciais: este duplo aspecto de produção e conservação caracteriza tanto as transformações operatórias como as causais e, em ambos os casos, se reconhece pelo fato de que a construção em jogo aparece como necessária. De maneira geral e do ponto de vista de sua interpretação genética, as operações equivalem a transformar o real e correspondem, assim, ao que o sujeito pode fazer do objeto em suas manipulações dedutivas ou dedutíveis (isto é, primeiramente materiais, mas suscetível de uma depuração formal progressiva), enquanto que a causalidade expressa o que fazem os objetos ao atuar uns sobre os outros e sobre o sujeito: seria inconcebível, portanto, que não existisse uma relação íntima entre estas duas formas de ação, senão as construções lógico-matemáticas do sujeito não encontrariam jamais o real ainda que este modificaria aquelas sem sabê-lo (PIAGET e GARCÍA, 1973, p. 15).

Explicar a causalidade independentemente das operações nos levaria a considerar as relações causais como noções diretamente observáveis na experiência imediata dos objetos ou das ações, podendo ser extraídas destes por abstração simples ou física (em oposição com a abstração reflexiva ou lógico-matemática), sem recorrer a uma construção ou uma composição (PIAGET e GARCÍA, 1973, p. 21-22).

... e dos mecanismos generalizados, característicos da construção do conhecimento na psicogênese e na história, salientando que a intenção dos autores na pesquisa destes

[...] não é, de forma alguma, descrever as correspondências termo a termo, e muito menos admitir uma recapitulação da filogênese pela ontogênese, nem mesmo deter-se na evidência de analogias de sucessão, mas procurar saber se os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte, no contexto de um sistema de noções, são análogos aos da passagem de um estágio genético aos seus sucessores (PIAGET e GARCÍA, 1983, p. 13).

Para sua investigação, Gonçalves (1991) destaca que seu problema consiste em:

[...] criar algumas atividades de conhecimento físico para serem realizadas nas primeiras séries do primeiro grau. Elas devem servir para evidenciar o que e como as crianças pensam sobre determinado fenômeno físico não só através de palavras, mas principalmente através de suas ações e possam também viabilizar uma discussão da classe acerca da explicação causal desse fenômeno (GONÇALVES, 1991, p. 40).

A atividade deveria levar em consideração, além dos princípios de ensino definidos anteriormente, a escolha de conceitos já contemplado de antemão por estudos psicogenéticos, pois seriam as “[...] noções rudimentares e espontâneas que as crianças já trazem consigo[...]” que guiarão o desenvolvimento das etapas posteriores. Nesse sentido, a autora traz como exemplos, experiências envolvendo a flutuação dos corpos, a formação de sombras, o ar em movimento e a colisão entre corpos. O objetivo a ser alcançado nessas atividades era o de que esses estudantes chegassem a estabelecer relações causais entre os fatos envolvidos em cada situação experimental proposta (GONÇALVES, 1991, p. 41).

De forma geral, as atividades foram organizadas em 3 etapas:

1. Apresentação do problema pelo professor e manipulação das crianças com o objetivo de resolvê-lo (atividade em grupo);
2. Discussão de toda a classe na roda de conversa sobre as conclusões que eles chegaram;
3. As crianças registram (escrita e desenho) suas conclusões sobre a atividade;

As atividades foram registradas em videotape e por meio de relatos escritos e desenhos feitos pelos estudantes. Na análise do vídeo e demais registros, buscou-se verificar:

- I. Como as crianças agem sobre o objeto para compreenderem como eles funcionam;
- II. Como elas agem para resolver o problema (realizar um efeito desejado);
- III. Verificar se as crianças têm consciência de como o efeito foi produzido, ou de como o problema foi resolvido por meio das demonstrações que elas fazem desta resolução;
- IV. Verificar como a criança explica as causas do fenômeno;

Como resultado da proposta de investigação, a autora aponta que a hipótese de que as crianças das primeiras séries seriam capazes de estabelecer relações causais foi demonstrada por meio de inúmeras falas dos sujeitos da pesquisa conforme o relato das descrições comumente apresentadas pelas crianças:

[...] o submarino afunda porque enche de água e flutua porque fica vazio. Isto acontece quando respectivamente se suga e quando se sopra através da mangueirinha. Ou então, ele flutua porque fica cheio de ar quente. A criança atribui ao ar quente ou ao estar vazio, a razão da flutuação do submarino.

Assim também, a criança atribui à luz e aos objetos que a interceptam, a responsabilidade ou a causa do aparecimento da sombra.

O movimento do carrinho é também atribuído à saída do ar da bexiga que o empurra.

A bolinha preta deve sair do alto do trilho porque é leve e a de ferro deve sair de um ponto mais baixo porque é pesada (GONÇALVES, 1991, p. 207).

Por fim, a autora salienta as diferenças entre as atividades que buscam uma concepção de ensino construtivista e as geralmente encontradas nos livros didáticos, destacando elementos importantes para a elaboração das atividades desenvolvidas em sua pesquisa: a escolha de problemas reais; ênfase na observação, descrição e explicação; incentivo à cooperação; incentivo à exposição de ideias (confiança) e ao respeito com as dos colegas; o incentivo à independência e à iniciativa (interferência reduzida por parte do professor); e a importância do preparo do docente no sentido de colaborar com os alunos na organização de seus conhecimentos mas de incentivar para que eles sejam agentes de sua construção.

4.3.10. Outras investigações

Devido a extensa lista de investigações desenvolvidas pelo grupo de pesquisa, e da delimitação a que nos condicionamos para a pesquisa aqui empreendida, algumas obras ficaram de fora de nossa análise, mas que entretanto gostaríamos de apresentar a seguir como forma de destacar a extensão do trabalho desenvolvido pelo LaPEF, o que pode indicar o alcance da influência do Referencial teórico.

Sônia Krapas Teixeira (1989)

Um primeiro exemplo é a investigação empreendida por uma antiga orientanda de mestrado da Prof.^a Anna Maria, Sonia Krapas Teixeira, agora sob a orientação de Jesuína Lopes de Almeida Pacca, analisa em sua pesquisa de doutorado (*“A atribuição de causalidade na construção do conceito de peso”*) as diferentes etapas de construção do conceito de peso, a partir de entrevistas com estudantes da 5ª série do ensino primário à 3ª série do secundário. Em sua investigação, a autora verifica evolução esperada para os estudantes, verificando ainda etapas de regressão que, segundo ela, “se interpretadas com a teoria de Piaget e García, assumem caráter de aparentes, na medida em que se apresentam como situações em que uma

nova etapa mais adequada está sendo reelaborada”. Nesse sentido, a autora aponta que os resultados globais demonstram relevante concordância com os dados da Escola de Genebra.

Odete Pacubi Baiarl Teixeira (1992)

Em 1992, Odete Pacubi Baiarl Teixeira conclui sua tese de doutorado “*Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual*”, na qual a autora investiga a mudança do conceito de Calor e Temperatura em iniciativa de ensino com abordagem construtivista realizada com alunos do ensino secundário. Na sua pesquisa, Teixeira (1992) procurou, por meio de questões que abordavam os conceitos envolvidos, estabelecer os modelos de explicações utilizadas pelos alunos em três momentos distintos da prática pedagógica (antes, imediatamente após e depois de decorridos sete meses). No texto a autora faz uso da obra “*Las explicaciones causales*” (PIAGET e GARCÍA, 1973) e de artigo de García (1982a) ao discutir a questão do “conhecimento e a causalidade”.

Carlos Eduardo Laburu (1993)

Laburú defenderia, em 1993, sua tese de doutorado (“*A Construção do Conhecimento em Sala de Aula*”), novamente sob orientação da Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, realizando estudo sobre o conhecimento desenvolvido por alunos em diversas situações de ensino de física, se apoiando novamente na epistemologia piagetiana, sobretudo na compreensão do par perturbação-compensação e sua influência na estruturação das ideias elaboradas pelos alunos sobre algumas em experiências realizadas em sala de aula. Na referida tese, traria novamente elementos de publicação de García (1982a) e de “*Psicogénesis e historia de la Ciencia*” (1982) (LABURÚ, 1993). O autor utilizaria ainda a referência a García (1982a) em seu artigo “*Fundamentos para um experimento cativante*” (LABURÚ, 2006) que teve impacto significativo para o desenvolvimento de nossa pesquisa de mestrado (FARIA, 2015).

Ruth Schmitz de Castro (1993)

Em sua pesquisa de mestrado, Castro (1993) desenvolve o trabalho “*História e epistemologia da ciência: investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau*”, apontando como questão central a investigação das contribuições do recurso à história

e à epistemologia da ciência num curso de Física, envolvendo os conceitos de calor e temperatura, voltado para o ensino secundário.

A autora aponta que por meio de abordagem que levou em conta a evolução das ideias associadas ao tema, buscou nas falas e nas perguntas realizadas pelos alunos, “vestígios propiciadores de uma análise menos teórica e realmente comprometida com nossa prática docente e nossa concepção filosófica do conhecimento”. Nesse sentido, por meio dos dados obtidos com as gravações em vídeo das situações em sala de aula, a autora pode analisar de que maneira os estudantes aluno do segundo grau recorrem à história da ciência e como este aspecto pode contribuir para a construção do conhecimento científico em sala de aula.

O artigo derivado de sua dissertação “*História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau*” (CASTRO e CARVALHO, 1992) teria importante impacto no ambiente de pesquisa em ensino de Física.

Eduardo Fleury Mortimer (1994)

Mortimer (1994) em sua pesquisa de doutorado (“*Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais*”) estudou a evolução das concepções atomistas e do uso que é feito de tais concepções para a explicação dos estados físicos de diferentes materiais; estudo realizado com estudantes de uma turma de oitava série do ensino primário. A pesquisa, se baseia especialmente na análise de testes realizados antes e depois de uma situação de ensino e das transcrições da gravação da referida intervenção.

Na elaboração, o autor se apoia em elementos da teoria piagetiana, especialmente fundamentado na teoria da equilíbrio das estruturas cognitivas, destaque a concepção de equilíbrio majorante e das ideias de generalização, além disso o autor de apoia em elementos das estratégias de ensino para mudança conceitual.

Por meio da análise e revisão crítica desses referenciais, somados à noção de perfil epistemológico de Bachelard, o autor constrói, em suas palavras, “um novo modelo para a análise da evolução conceitual em sala de aula”. Para ele, tal modelo se difere do modelo de mudança conceitual ao apontar que que a “construção de novos conceitos não pressupõe o abandono das concepções prévias, mas a tomada de consciência do contexto em que elas são aplicáveis”. Nesse sentido, o objetivo do ensino se torna o que ele define como a “evolução de um perfil conceitual, através da construção de novas áreas desse perfil e da tomada de consciência do domínio onde cada área e aplicável” (MORTIMER, 1994).

Dirceu da Silva (1995)

Outro orientando de mestrado da Prof.^a Anna Maria voltaria a trabalhar com ela no doutorado com seu “*Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*”. Silva (1995), neste estudo, busca acompanhar e explicar quais foram as trajetórias cognitivas de estudantes ao serem submetidos a uma situação de ensino, de perspectiva construtivista, com temática da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura. Na construção de sua pesquisa, o autor realizou revisão bibliográfica a respeito da produção já existente sobre o ensino dos conceitos, sobre as concepções espontâneas e acerca do desenvolvimento histórico das teorias físicas sobre calor. Na pesquisa o autor se apoia especialmente na teoria da equilíbrio de Piaget para observar a mudança cognitiva dos alunos entrevistados.

Maria Lúcia Vital dos Santos Abib (1997)

Um das primeiras alunas da Prof.^a Anna Maria, Abib (1997), realiza agora sua pesquisa de doutorado “*A construção de conhecimentos sobre ensino na formação do professor de física. . . agora, nós já temos as perguntas...*”, na qual a autora coloca em questão a formação de professores de Física, trabalhando com estudantes de licenciaturas (especialmente Física), numa perspectiva formativa que indica para o agir de forma reflexiva, e para uma perspectiva construtivista a respeito dos processos de ensino e aprendizagem. A autora aponta que os resultados obtidos revelaram relevante evolução conceitual do sujeito acerca dos processos de ensino-aprendizagem.

Maria Elisa Resende Gonçalves (1997)

Gonçalves (1997) retoma em seu doutorado a investigação a respeito das atividades de conhecimento físico, tendo como foco a formação do professor das séries iniciais. Segundo ela, sua questão fundamental foi verificar se as atividades por elas desenvolvidas no trabalho de mestrado poderiam ser generalizadas, ou seja, se seriam encontrados resultados semelhantes quando fossem administradas pelos professores em suas classes. A hipótese principal era tal resultado poderia ser atingido caso os professores recebessem orientação que levasse em questão as suas concepções prévias a respeito dos aspectos do ensino e da aprendizagem e se esses docentes concebessem as atividades de ensino como atividades investigativas.

Essa tese foi destacada pela Prof.^a Anna Maria em nossa entrevista e em seu discurso de outorga do título de professora emérita da Faculdade de Educação (CARVALHO, 2019) com especial destaque à produção de uma série de vídeos voltados à formação de professores que teria impacto relevante na secretaria de estado e no ministério da educação:

[...] dessa vez não só um mestrado foi defendido, mas conseguimos verba para a produção de quinze vídeos, todos realizados durante o ensino de experiências físicas em sala de aula de diversas professoras do fundamental I em escolas oficiais da cidade de São Paulo. Esses vídeos tiveram muita repercussão entre as professoras e também na Secretaria e Ministério da Educação.

Tendo por base esses vídeos, propusemos desenvolver um projeto de pesquisa Universidade Escola Pública Junto a FAPESP voltado para a formação de serviço das coordenadoras pedagógicas em Ensino de Ciências.

Não só para as pesquisas em formação de professores esses vídeos foram importantes, para nós no LaPEF também foram muito importantes.

Vários trabalhos de mestrado e doutorado foram elaborados tendo os vídeos como instrumento de pesquisa, pois agora podíamos ver e rever as falas dos professores e alunos. As etapas da construção do conhecimento físico pelos alunos foram delineadas e o conceito de alfabetização científica foi definido.

Mas a importância principal foi descortinar, para nós, professores de física, que sempre investigamos o ensino e aprendizagem no grau médio, toda a beleza que é trabalhar com alunos e professoras dos primeiros anos do fundamental (CARVALHO, 2019b).

Essa série de 15 (quinze) vídeos estão disponíveis para acesso ainda hoje e podem ser consultados por meio do site do grupo de pesquisa. Abaixo destacamos registro de um desses vídeos formativos que pode ser consultado também em inglês e espanhol.



Figura 5

Foto – vídeo produzido pelo LaPEF: “O Problema da pressão”
(Disponível em português, inglês e espanhol) (LAPEF, 1998)

Além destes vídeos, elaborados com apoio da fundação VITAE, foram produzidos ainda o livro "*Ciências no Ensino Fundamental - O conhecimento Físico*" (CARVALHO et al., 2005) e o material didático "*O Conhecimento Físico*" (Laborciência Tecnologia Educacional) (LAPEF, 1998). Nesse sentido, dada a relevância dessas iniciativas decorrentes

do trabalho do LaPEF, observa-se importante alcance do referencial teórico nas iniciativas de pesquisa e ensino de Física que se seguiram.

5. CONCLUSÕES

Dos aspectos expostos na análise dos trabalhos e das referências selecionadas, buscamos extrair uma série de núcleos nos quais percebemos sentidos peculiares a respeito do trabalho empreendido pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) que comporiam as comunicações selecionadas como dados de nossa investigação (entrevista / palestras / leitura das teses e dissertações), observando especialmente verificar se a frequência de referências apontadas pelos autores e elementos estruturais de suas construções narrativas aportam significado ao problema proposto para nosso objetivo analítico de verificar a influência das ideias de Jean Piaget e Rolando García na pesquisa em ensino de Física praticada no Brasil, tomando como ponto de influência no país o referido centro de pesquisa localizado na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Procuramos nesse esforço realizar essa construção de forma mais interpretativa dado o caráter não estatístico de nossa investigação.

Na análise empreendida, foi possível verificar que a trajetória até o estabelecimento desse ambiente de pesquisa inovador seria lastreada num longo processo de desenvolvimento histórico da área de educação científica no Brasil e no mundo, além de ser resultado do esforço, do estudo e da dedicação desta valorosa educadora brasileira, a Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, bem como de seus colaboradores (estudantes de pós-graduação, professores da educação básica, entre outros). Todo o desenrolar dessa trajetória e o aprofundamento na leitura da produção acadêmica realizada neste importante centro de pesquisa localizado numa das principais universidades do país, berço de formação de grandes nomes de nossa área de pesquisa, de certa forma, colabora na explicação do porquê seus trabalhos impactaram de forma relevante a formação de jovens estudantes de Física em diferentes centros universitários por todo o país.

Como observado no item 4.2 o grupo de Ensino de Física do IFUSP, precursor do grupo formado pela Prof.^a Anna Maria e seus orientandos, passou por um processo que envolveu a passagem de uma perspectiva de pesquisa com ênfase primeiramente comportamentalista, para posteriormente incorporar elementos de uma perspectiva de pesquisa que se tornaria à época um marco referencial de característica muito forte e influente nos ambientes acadêmicos preocupados com o ensino de ciências: a pesquisa com conceitos espontâneos.

Essa perspectiva, como colocado pela Prof.^a Anna Maria (CARVALHO, 1992), seria “amplamente pesquisada” por grupos no Brasil e no mundo e teria inclusive moldado o direcionamento do trabalho de sua primeira orientanda de mestrado¹. Segundo ela, o dilema enfrentado pelas autoras a respeito da escolha do caminho da dissertação envolvia a opção entre uma pesquisa associada à análise das “noções espontâneas” ou uma investigação de natureza construtivista acerca da formação das noções em fenômenos luminosos. Da fala da docente, extraímos que, apesar de forte apoio na teoria piagetiana (fato confirmado pelas autoras em artigo divulgado no ano de 1984²), com recurso inclusive a entrevistas inspiradas no “método clínico de Piaget”, foi feita a opção pela vertente dos “conceitos espontâneos”, em virtude de fatores externos à pesquisa (menor resistência entre outros pesquisadores do ensino de Física, maior cordialidade de avaliadores etc.). Dado que reforça o reportado pela Prof.^a Anna Maria na entrevista a respeito do conflito entre perspectivas teóricas diferentes no ambiente acadêmico, e a necessidade de adaptação dos trabalhos para terem maior aceitabilidade nos círculos da ciência praticada na área.

Da fala da docente observamos ainda sua crítica à insuficiência das pesquisas em conceitos espontâneos como parâmetro para pensar o ensino de Física, especialmente no que diz respeito à ausência de fundamentação teórica para aprofundar a compreensão acerca do problema de “como o aluno aprende”. Dos referenciais considerados pelo grupo ao longo de seu desenvolvimento para a resposta da questão da construção do conhecimento, destacamos a opção da Prof.^a Anna Maria e do LaPEF pela Epistemologia e Psicologia Genética de Piaget como marco teórico de grande proeminência.

A tese aqui apresentada indicou que esse grupo de pesquisa, especializado na investigação dos temas e das questões pertinentes ao ensino de Física – área ainda em estruturação nascente no país –, que se constituiria no cenário acadêmico como um centro de pesquisa destacado como de perspectiva piagetiana (VASCONCELOS, 1996), fez uso especial, em seus primeiros anos de formação, de estrato da teoria de Jean Piaget, empreendida em parceria com o físico Rolando García, de forma a podemos afirmar que a teoria desenvolvida pelos dois autores teria posição de destaque na trajetória do grupo de pesquisa, de modo a inspirar uma série de estudos realizados nesse contexto social específico,

1 Sônia Krapas Teixeira.

2 “A visão de um fenômeno: como alunos de 11-18 anos interpretam a queima de uma folha de papel com o auxílio de uma lente” (KRAPAS-TEIXEIRA e CARVALHO, 1984). Além disso, em artigo publicado na revista *Enseñanza de las Ciencias*, esse trabalho é elencado no rol de investigações do grupo com a temática “psicogénesis de los conceptos” (CARVALHO et al., 1991).

porém reconhecido como importante ambiente de referência para a pesquisa em ensino de Física praticada no país.

Nossa análise dos primeiros 10 (dez) anos de pesquisas acadêmicas concluídas no contexto do LaPEF (1982-1991) – sustentada também na entrevista da Prof.^a Anna Maria e em diversos elementos dos livros, artigos, palestras etc. – nos permitiu estabelecer quatro núcleos característicos de sentidos para o trabalho desenvolvido pelo grupo nos quais percebemos diferente relação com o referencial teórico que buscamos destacar.

5.1. O “Piaget de Dona Amélia”

De forma geral, a partir da análise da entrevista da pesquisadora e das teses e dissertações por ela orientadas, observamos, num primeiro momento do trabalho desenvolvido no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF), uma perspectiva resumida pela docente com a frase: “[...] começamos nossas pesquisas com o Piaget de D. Amélia, minha orientadora de doutorado [...]” (CARVALHO, 2019b).

Dessa e de outras afirmações já expostas no capítulo anterior, especialmente, em relação à abordagem trazida nos trabalhos desenvolvido por Abib (1983) e Teixeira (1985), e também no comentário acerca do trabalho de Krapas-Teixeira (1982), verificamos o recurso ao referencial teórico piagetiano de uma maneira que consideramos mais abrangente, incorporando elementos como as características gerais dos diversos níveis de desenvolvimento cognitivo (*sensório-motor, pré-operatório, das operações concretas e das operações formais*), o recurso metodológico ao chamado “método clínico” e, além disso, reforçando a relevância do processo de equilíbrio para o desenvolvimento cognitivo e para a formação do conhecimento como recursos para pensar o ensino de uma noção física.

Obras destacadas nesses trabalhos foram, no caso de Abib (1983), os textos de Piaget “*La Naissance de l’intelligence chez l’enfant*” (1936), “*L’équilibration des structures cognitives: problème central du développement*” (1975), de Piaget e Inhelder “*De la logique de l’enfant à la logique de l’adolescent: essai sur la construction des structures opératoires formelles*” (1955). Além desses a autora destaca de forma especial, o livro “*Piaget e a Didática*” (CASTRO, 1974), escrito pela mentora de sua orientadora, como referência para pensar outras implicações da teoria de Piaget às metodologias adotadas no ensino de ciências. Do trabalho de Teixeira (1985), destaca-se, como observado anteriormente, as obras de Piaget

“*Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*” (1946) e “*Introduction à l'épistémologie génétique: La Pensée Physique*” (1975), entre outras. De forma geral, as autoras buscam em Piaget, além das peculiaridades acerca do modo que a criança estrutura seu raciocínio ao ser confrontada com uma situação de ensino, estudos psicogenéticos de noções como flutuação e velocidade, fazendo uso destes para planejamento de iniciativas de ensino. Essa leitura, no nosso entender, seria o prenúncio do que o grupo tentaria realizar na sequência.

Nesses trabalhos, entretanto, encontramos breve referência à produção de Piaget com Rolando García, apenas em publicação de Abib (1988), em seu livro da série “Textos – Pesquisa para o ensino de ciências”; é registrado como referência o livro “*Les explications causales*” (1971), o que pode caracterizar que esses textos já começavam a fazer parte do rol de leituras do grupo de pesquisa, eventualmente como leitura acessória.

5.2. Psicogênese e História da Ciência

Como observado na fala da Prof.^a Anna Maria, o trabalho no LaPEF sofreria “inflexões importantes por problemas trazidos por novos orientandos” nos diversos períodos de pesquisa praticada no grupo. Apesar disso, entendemos como ponto de inflexão relevante nesse primeiro decênio da pesquisa realizada pelo grupo, o trabalho realizado pela própria docente no ano de 1986. A pesquisa sobre “*A formação do conceito da quantidade de movimento*” (CARVALHO, 1986; 1989) parece ter aberto portas para uma série de trabalhos que, em nossa percepção, teriam estruturação semelhante e se apoiariam de forma especial na obra “*Psicogênese e Historia de la Ciencia*” (1982).

Nessa pesquisa, e em outras que se seguiram, manteve-se o entendimento de premissas básicas da teoria elaborada pela escola de Genebra, já utilizadas anteriormente, como as associadas a procedimentos metodológicos (uso de entrevistas clínicas) e a compreensão de que para se pensar o ensino de Física, o ponto de partida deveria ser a busca por “conhecer como os alunos percebem e compreendem o mundo físico que nos cerca [...] conhecer como eles veem e explicam os fenômenos fundamentais e qual a lógica usada por eles [...]” (CARVALHO, 1989, p. 4), dado a ser utilizado de forma recorrente para a justificativa do recurso à teoria piagetiana como referencial teórico para o desenvolvimento das pesquisas e, de maneira mais abrangente, para uma compreensão acerca do processo educativo como um todo.

Na sequência de trabalhos, percebemos, em especial, um esforço no sentido de amplificar a dimensão da investigação acerca do ensino das noções físicas, levando em consideração agora, além da perspectiva da psicogênese, outra importante dimensão da construção do conhecimento científico, a história da ciência.

Nos trabalhos de Carvalho (1986), Laburu (1987), Silva (1989), Trivelato (1989), Valle Filho (1989) e Nardi (1989) a história da ciência ocupa papel importante em paralelo ao desenvolvimento psicogenético; não de forma a redundar numa interpretação simplista do tipo “a psicogênese repete a história”, mas salientado perspectiva recorrente na teoria estabelecida por Piaget e García, no que diz respeito ao foco na “necessidade de se investigar os mecanismos inerentes ao progresso do conhecimento” (PIAGET e GARCÍA, 2011), como meio para se obter subsídios para a construção de estratégias coerentes com a forma com que os estudantes estruturam, constroem o conhecimento físico.

Essa perspectiva envolveria na primeira investigação o estudo da evolução da noção de quantidade de movimento, ou como a autora pontua, a evolução da noção de “impulso”, conceito gerador do que os cientistas denominaram mais a frente como “*quantidade de movimento*” ou “*momento linear*” (CARVALHO, 1986). Nardi (1990) abordaria a questão da noção de campo de força e sua evolução nas explicações das crianças e adolescente, além de considerar o desenvolvimento histórico desse conceito. Os outros trabalhos de Laburú (1987), Silva (1989), Trivelato (1989), Valle Filho (1989) envolveriam, respectivamente, o desenvolvimento das noções de aceleração, velocidade angular, modelo corpuscular e centro de massa, e acrescentariam elementos à discussão de uma aprendizagem das noções físicas segundo uma perspectiva construtivista, com forte referência à questão do desenvolvimento histórico dessas noções, de forma a compreendê-los “[...] elos de um processo de construção de conhecimento” (NARDI, 1990).

Destacamos essa perspectiva especialmente de argumentações como as dos trechos extraídos de Carvalho (1989),

É importante também para a estruturação de um ensino construtivista, isto é, um ensino que pretenda que o aluno construa o seu próprio conhecimento, estabelecermos não só como se esse conhecimento pode ser elaborado por uma pessoa (psicogênese do conceito), mas também como ele foi construído através da história da Ciência.

O desenvolvimento histórico nos faz compreender os raciocínios elaborados em cada etapa do processo de desenvolvimento de um conceito e as dificuldades encontradas pelos cientistas que as vezes levaram anos e anos para superá-la. Muitas e muitas vezes, nós, professores, encontramos essas mesmas dificuldades em nossos alunos, e nossa reação, ao detectarmos esses “erros” em classe, é repetir nossa explicação, que apesar de lógica e coerente, passa ao largo da dúvida do aluno. A

superação desta etapa não pode ser feita por superposição de ideias (as do professor sobre as do aluno), mas por transformação da ideia do aluno. É preciso fazer com que ele construa, em pouco tempo, as ideias que muitas vezes custaram anos para ser estruturadas. A vantagem do professor é que ele já sabe a sequência de raciocínio que levou o conceito a se modificar.

Estes dois corpos de conhecimento, o histórico e o psicogenético, formam as bases de um novo corpo de conhecimento ainda em construção: o do ensino de Física para crianças e adolescentes (CARVALHO, 1989, p. 10).

... de Valle Filho (1989),

Pretendemos [...] a partir da evolução dos conceitos, em especial do conceito de centro de massa, tentar determinar em que sistema nocional ele comparece e com que função para, a partir daí estabelecer suas características mais relevantes.

Uma noção, como a de centro de massa, não é alguma coisa que possa ser “descoberta”, pois, ela não está lá fora do sujeito conhecedor, pronta no objeto para que possa ser “encontrada” e posta em uso. Antes, devemos dizer que ela é construída dentro de um conjunto onde estão presentes outras noções, das quais retira parte de seu significado. Por outro lado, ao se constituir, e exatamente por este motivo, altera ainda que pouco, o significado das demais (VALLE FILHO, 1989, p. 69).

... de Trivelato (1989),

Na sucessão das etapas “intra”, “inter” e “trans”, assistimos à construção gradativa das estruturas operatórias e causais do sujeito, que permitem uma estruturação progressiva do real e uma abertura cada vez maior para novos possíveis.

Ao analisar as relações entre o desenvolvimento da criança e o do conhecimento científico, Piaget não tinha intenção de utilizar a este respeito a noção de recapitulação, segundo a qual a evolução das noções no desenvolvimento da criança reproduziria as etapas da construção dessas noções na História da Ciência. Embora tenha constatado algumas coincidências notáveis no desenvolvimento das noções da Mecânica, sua intenção era a procura de mecanismos comuns nos processos de construção de tais conhecimentos.

Piaget e García (1987) demonstraram na obra “Psicogênese e História das Ciências” que o desenvolvimento psicogenético da criança e a sucessão das teorias científicas apresentam em comum instrumentos de aquisição de saber, processos que resultam da sua realização e mecanismo de conjunto (TRIVELATO, 1989, p. 31).

... e por fim, de Nardi (1989):

[...] conhecer como o ocorre a gênese de um conhecimento no indivíduo é importante para o educador, não só em termos de possibilitar intervenções de ensino de aspectos isolados, mas sobretudo, num contexto mais amplo: ao entender os detalhes de todo um processo de aquisição de conhecimentos, o educador passa a atuar de maneira mais consciente, respeitando a complexidade de evolução natural; ele passa a “ler” as reações dos alunos de outra maneira; ao invés de apenas discernir entre o supostamente certo (científico) e o supostamente errado (do aluno), passa a entender a diferença em termos de estágios de construção ou evolução no pensamento do indivíduo (NARDI, 1990, p. 17).

Reconhecer na História da Ciência ou na psicogênese exemplos de construção é importante para nos conscientizarmos de que a aprendizagem é algo que se processa de maneira semelhante. O importante é, portanto, “ler” nessas experiências paralelas possíveis situações com as quais poderemos defrontar-nos, ao analisar processos de construção – como a aprendizagem” (NARDI, 1990, p. 23).

As análises realizadas pelos autores destacam o fato de a construção dessas noções (em ambas dimensões) não acontecer de forma linear, mas em níveis de compreensão cada vez mais aperfeiçoados, obedecendo, nesse processo, mecanismos estruturantes que permitiriam o entendimento acerca do desenvolvimento histórico e psicogenético desse conceito.

Em toda a produção do grupo, entretanto, os autores deixam claro que sua preocupação em compreender esse processo envolve um interesse de caráter pedagógico, em outras palavras, busca-se compreender essa estrutura para poder pensar o ensino de física, bem como fundamentar estratégias para a aprendizagem desses conceitos. A preocupação é posta em evidência ainda com o fato da investigação envolver estudantes no ambiente escolar, e não simplesmente sujeitos num ambiente controlado.

A nosso ver, parte relevante do esforço dos pesquisadores nas investigações aqui destacadas contribuiu também para ampliar a compreensão do que fora trabalhado por Piaget e García em *“Psicogénesis e Historia de la Ciencia”* (1982). Acreditamos que os investigadores do LaPEF assumem as premissas abordadas pelos autores na obra como verdadeiras e partem no sentido de estender seu alcance para outras noções físicas não contempladas nas análises dos autores.

A escolha dos pesquisadores do LaPEF envolveu, portanto, conceitos de suma relevância para o desenvolvimento do ensino da Física (Cinemática, Dinâmica, Termodinâmica, Eletromagnetismo etc.) e, nesse sentido, reforçam a necessidade de esforço e preparação por parte do professor de Física (ou de Ciências) em compreender as diferentes dimensões, mecanismos, processos, instrumentos associados à construção do conhecimento científico que pretende ensinar.

Fazendo um exercício de reflexão temporal, verifica-se que a defesa do trabalho da Prof.^a Anna Maria (CARVALHO, 1986) coincide com um momento que observamos ser especial na trajetória que recontamos neste trabalho. No ano de 1986, junto com Lino de Macedo, ela organizou um curso “sobre a Psicogênese da Ciência” nas palavras dela; “um curso de pós-graduação” nas palavras dele. Essa iniciativa formativa foi ministrada na Universidade de São Paulo pelo Dr. Rolando Víctor García Boutigue. O LaPEF teria, dessa forma, a oportunidade de aprender de forma direta, com um importante nome da teoria elaborada junto a Piaget, e nas pesquisas que sucederam esse evento, observamos implicações importantes em período fecundo do trabalho realizado no grupo a respeito da psicogênese das noções físicas, e suas implicações para o ensino desses conceitos.

Esse período coincide ainda com a publicação de “Psicogênese e História das Ciências” (1987) em língua portuguesa. Na sua entrevista, a Prof.^a Anna não conseguiu se recordar sobre quais versões dos textos de Piaget e García haviam sido utilizadas, entretanto, alguns dos trabalhos analisados indicam a utilização de exemplares em espanhol (CARVALHO, 1986; VALLE FILHO, 1989) e outros já apontando para a utilização de texto em língua portuguesa (TRIVELATO, 1989; NARDI, 1989). Acreditamos que, mesmo utilizando como referência as obras originais dos autores, o texto em língua materna pode ter sido meio de maior aproximação com a teoria, especialmente para aqueles que iniciariam sua leitura das teorias de Piaget e colaboradores.

Nesse aspecto destacado do trabalho do LaPEF acerca da questão da análise histórica e epistemológica dos conceitos físicos reside talvez uma das marcas mais relevantes acerca da influência dos autores no trabalho desenvolvido pela Prof.^a Anna Maria e pelos seus orientandos. Nardi (2005, p. 146), por exemplo, aponta a perspectiva da História e Filosofia das Ciências aplicada às questões pertinentes ao ensino (em especial a questão: “Como ocorre a construção do conhecimento?”) como uma marca “fundante” que ocupa papel de destaque no desenvolvimento dessa área de pesquisa no Brasil, destacando a vasta quantidade de pesquisas realizadas e o caráter de inovação que a temática apresentava nesses anos importantes para o estabelecimento dessa área de pesquisa em ensino de Física no país.

5.3. O que é uma explicação física?

Um terceiro núcleo, que em nossa percepção atravessa todo o período considerado, mas que tem implicação significativa, sobretudo nos últimos trabalhos elencados do período analisado e em iniciativas formativas importantes dele decorrentes, diz respeito à busca da compreensão de como os estudantes explicam as relações causais dos fenômenos físicos estudados na escola.

Gonçalves (1991), destaca como importantes as pesquisas psicogenéticas publicadas anteriormente pelos seus colegas do LaPEF, e conclui que esses estudos acerca da evolução das noções físicas evidenciaram etapas do desenvolvimento dos diferentes conceitos na mente das crianças, o que permitiu percebê-las como sujeitos “em evolução”, mas com capacidade de pensar muitas coisas a respeito de determinadas noções físicas. Além disso, ter conhecimento sobre como os alunos elaboram uma noção, deveria ser traduzido em

procedimentos de ensino, isto é, na criação de atividades que tornem possível aos alunos expressarem seu raciocínio.

Nesse sentido, o processo de ensinar um conceito físico, para Gonçalves (1991), envolveria quatro princípios, extraídos pela autora de Kamii e DeVries (1986): “*Agir sobre os objetos para ver como eles reagem; Agir sobre os objetos para realizar neles um efeito desejado; Ter consciência de como se produziu o efeito desejado; Explicação das causas*”; e para o desenvolvimento deste último elemento, para responder as perguntas “por que esse resultado foi atingido?” e “o que é uma explicação física?”, ponto culminante da ação educativa na percepção da autora, daí o recurso a Piaget e García (1973) e sua leitura das “Explicações Causais”.

A obra em questão seria destacada de forma especial pela Prof.^a Anna Maria em sua fala no evento em homenagem a Piaget no ano de 1996, na Universidade de São Paulo, como significativa para o estabelecimento de objetivos de ensino e pesquisa acerca das noções físicas: “Ao querer que o aluno (a criança) construa um conhecimento científico, nós temos que procurar que essa criança, que esse adolescente, cientista dê explicações causais. [...] A construção do conhecimento se faz quando o indivíduo consegue construir um ‘porquê’, dentro de uma sistematização científica” (CARVALHO, 1996) e também na nossa entrevista com a docente:

Maria Eliza Gonçalves: “*Conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*” – ela estuda como e quais são as respostas dos alunos em cada uma das fases. Então, nessas respostas [...] nisso os alunos vão tomando conhecimento e levantando as hipóteses. O que eles faziam, assim, sem pensar, agora eles tomam consciência e levantam a hipótese. E depois da pergunta “por que?” [...] é a explicação causal. Porque quando você pergunta “por que?”, eles vão dar uma explicação, então você vê direitinho a explicação legal ou a explicação causal. Você citou um artigo do García que explica isso: a explicação causal e legal (CARVALHO, 2019a).

5.4. García como intérprete da Teoria Genética

Esse entendimento por parte dos investigadores seria reforçado ainda, como apontado pela Prof.^a Anna Maria, em meio ao comentário “O García eu gosto dele porque a gente entende perfeito e nesse artigo ele faz a diferença entre causal e legal”. O artigo em questão, indicado pela docente é intitulado “*El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias*”, publicado por García em 1982 na Revista del Consejo Técnico de la Educación (MEX), que os pesquisadores tiveram acesso quando em viagem ao México.

Esse seria um último sentido característico para a influência de García nos trabalhos realizados no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da USP; a sua influência como físico, leitor, conhecedor, co-autor e intérprete da Teoria Genética; o que, para um coletivo formado por Físicos, poderia parecer interessante.

O texto de 1982 é referenciado de forma especial em Nardi (1990), destacando a interpretação de García a respeito do fato de a teoria genética ter “imputado um grau de complexidade completamente inesperado” à pedagogia e às investigações em ensino de Ciências, dado esta (a teoria de Piaget e colaboradores) vir fundamentada numa nova concepção teórica acerca da aquisição do conhecimento, pondo um fim à “velha pedagogia discursiva” (GARCÍA, 1982a, p. 34).

Laburú (1987), para a discussão acerca de como deveria ser desenvolvido o ensino da noção de aceleração, recorre a interpretação de Rolando García (1982a), que salienta a necessidade e a importância da construção das estruturas operatórias nos alunos, com o fim de prover os instrumentos de assimilação das novas experiências vivenciadas (LABURÚ, 1987, p. 269).

García (1982a) é também considerado por Silva (1989) na diferenciação que faz entre “o causal e o legal” com base na construção de Piaget; aspecto que ainda teria importante papel como fundamentação para a reflexão acerca do entendimento da explicação causal em situações envolvendo fenômenos físicos, finalidade última da ação no ensino da disciplina (KRAPAS-TEIXEIRA, 1989; NARDI, 1989; GONÇALVES, 1991; TEIXEIRA, 1992).

Especial destaque a esse texto é feito por Gonçalves (1991), da qual reproduzimos, novamente, os trechos:

Segundo García (1982), a palavra “ação” para Piaget tem pelo menos dois significados: ação pode significar fazer alguma coisa com o objeto como empurrá-lo, mas uma criança pode agir também sobre um objeto sem mesmo tocá-lo. Quando uma criança olha para um cubo e o percebe como um cubo, pode-se dizer que ela está agindo sobre ele. Assim, não é a ação direta (manipulação) que gera o conhecimento. Não se adquire a ideia de peso, pesando objetos, nem a de elasticidade esticando elásticos. Através dos estudos psicogenéticos a respeito da evolução, por exemplo, do conceito de peso nas crianças, pode-se mostrar isso pois como interpretar a transição, de uma etapa a outra desse conhecimento, se a manipulação é sempre a mesma?

A razão disso é que a criança não lê o mundo exterior e seus objetos tal como eles se encontram na realidade exterior; a criança só pode observar aquilo que os instrumentos lógicos já construídos lhe permitem assimilar. As ações do sujeito sobre os objetos representam um papel muito importante na construção dos esquemas de assimilação. A manipulação dos objetos não faz surgir os instrumentos de assimilação necessários para uma experiência, mas poderá favorecer ou acelerar sua formação.

Considerando isso, García (1982) conclui que a consequência natural e quase trivial que a pedagogia pode extrair desses fatos é que não se deve apresentar à criança fenômenos ou fatos que não levem em consideração as etapas do desenvolvimento cognitivo das crianças e sua possibilidade de assimilar uma experiência, mas resta a pedagogia pesquisar qual é o aparato conceitual que permite assimilar cada fenômeno no momento do ensino, quais experiências podem mostrar se a criança está em condições para essa assimilação, que tipo de experiências podem favorecer sua construção e, principalmente, será preciso refletir sobre a possibilidade de separar o ensino de ciências do ensino desses instrumentos de assimilação, que são necessários para a compreensão da própria ciência e da realidade (GONÇALVES, 1991, p. 6-7).

García (1982) ainda nos chama a atenção enquanto educadores e principalmente professores de ciências naturais para o fato de que os observáveis ou fatos constatáveis que nós frequentemente apresentamos a nossos alunos, devem ser definidos por meio do que o sujeito acredita e pode constatar. Uma constatação depende dos instrumentos de registros da experiência. Nestes registros interferem, não só a percepção sensorial mas também a posse de estruturas lógicas, pois os sujeitos acreditam perceber o que na realidade muitas vezes não existe. Aquilo que um sujeito chama de um fato ultrapassa o simples observável, pois apresenta já uma conceitualização para a qual uma interpretação é necessária. Logo, as inferências representam um papel fundamental na interpretação envolvida em toda constatação ou observação. García (1982) considera simplistas e ingênuas as crenças dos empiristas nas quais o que uma criança assimila é sempre considerado como imediatamente dado em uma experiência e uma reflexão a este respeito deve ser feita pelos pedagogos que podem criar situações adequadas que favoreçam o desenvolvimento conceitual da criança e podem assim tirar mais proveito dos avanços que elas obtêm nestas situações de ensino (GONÇALVES, 1991, p. 8).

Na prática, dada a característica de figura solar de Jean Piaget, reconhecido “gênio” do pensamento humano (GARCÍA, 1982b), o esforço aqui empreendido consistiu também em valorizar as diferentes influências e recursos que o grupo de pesquisa faz a Rolando García, figura sul-americana importante, físico de formação, estudioso de Piaget e, citando Lino de Macedo, um de seus “mais brilhantes co-autores”, “sobretudo na parte final de sua construção teórica” (MACEDO, 2002). Temos (o LaPEF e os pesquisadores da área de ensino de Física, em geral) o privilégio de lermos um físico que lê, interpreta e, porque não, traduz Piaget; e que além de tudo, construiu com ele importantes elementos da sua teoria. Nesse sentido, é pacífica a ideia de que Piaget é figura central para a questão da construção do conhecimento; entretanto, para um grupo de físicos, ler e ouvir a respeito da teoria genética dos textos e da “boca” de outro físico parecia ter feito a diferença ... e fez!

Nossa posição portanto é a de que, talvez hoje não seja assunto abordado de maneira frequente em comunicações ou nos ambientes de pesquisa realizada na área, dada a profusão de outras vertentes e vieses de pesquisa que foram se abrindo ao longo dos anos de desenvolvimento da área de pesquisa em ensino de Física, mas concluímos que o pensamento de Jean Piaget e Rolando García influenciaram sim a pesquisa em ensino de Física realizada

no Brasil, e entendemos que, por extensão, também influenciaram o próprio ensino da disciplina praticado no país.

Por meio da relevância e do alcance dos autores e dos trabalhos que emergiram do contexto analisado do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, é possível inferir que os elementos extraídos da construção teórica realizada pela colaboração Piaget-García possibilitou a ampliação do alcance de uma perspectiva de ensino construtivista a nossa disciplina, fornecendo subsídios importantes para compreensão da estruturação das noções físicas no sujeito e na história da ciência, além do estabelecimento de objetivos a serem alcançados na prática pedagógica do ensino de Física que pretende ser coerente com a forma de pensar dos nossos alunos.

Cabe salientar, com base em nossa leitura da realidade da educação científica praticada no país nos dias atuais, que a baixa fundamentação para a elaboração de estratégias de ensino da disciplina de Física é ainda uma realidade a ser combatida no Brasil (entre muitas outras!); e a resposta a esse desafio deve seguir o exemplo da Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho e de seus colaboradores: deve-se responder a isso com muito empenho no estudo e no aprofundamento de referenciais teóricos relevantes (à Piaget e García, hoje, poderíamos acrescentar a importância de resultados advindos da neurociência nas últimas décadas, etc.) e na dedicação ao exercício da teoria e sua ampliação a ambientes e situações ainda não contempladas por meio da pesquisa de campo e do desenvolvimento de novos materiais e situações que permitam um ensino de Física mais relevante e efetivo.

Consideramos, portanto, o grupo de Pesquisa da USP como uma escola de pensadores em cuja origem teve relevante influência não apenas das construções psicogenéticas clássicas de Piaget, mas com especial apego à produção deste com Rolando García ampliando assim as possibilidades de investigação da teoria dos autores e buscando aplicá-las em suas iniciativas de (e sobre) o ensino de Física.

Acreditamos que nossa pesquisa reforça a necessidade de formação inicial docente atenta aos processos inerentes à construção do conhecimento, primeiramente em sua dimensão psicogenética, no entendimento acerca de como os alunos pensam, elaboram suas hipóteses, quais elementos utilizam para construir uma relação causal numa explicação física, e também quanto à dimensão histórica do conhecimento científico, seus elementos estruturantes e suas dificuldades, pseudonecessidades etc., além da percepção de sua dimensão sociocultural e seu aprimoramento ao longo de seu desenvolvimento.

Não foi este o foco da análise, mas é possível destacar ainda, no que diz respeito à construção de Jean Piaget e sua parceria com Rolando García, a importância da influência do físico argentino para a construção do fechamento da obra de Piaget, especialmente aportando elementos de sua formação rigorosa em Física e em História e Epistemologia da Ciência. Pensamos com isso haver valorizado de forma especial o papel desse pensador sul-americano para o estabelecimento de bases e estruturas de nossa área de pesquisa no Brasil.

6. REFLEXÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, buscamos de forma recorrente refletir a respeito de que modo a construção aqui apresentada impactaria a minha prática como professor e também como pesquisador do ensino de Física. Nesse sentido, nos questionamos se poderia uma investigação dessa natureza – que trata da reconstrução e da leitura de um período de trabalho de um grupo de pesquisa – proporcionar reflexões frutíferas ao leitor interessado em pensar essa temática para além de sua dimensão teórica.

Entendemos que a resposta a esse questionamento é: sim!

Da leitura acerca da construção do conhecimento em Piaget e García e da investigação a respeito da influência desse referencial na produção acadêmica do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da USP (LaPEF), acreditamos ser possível extrair importantes implicações para a prática do interessado na promoção de um ensino de Física mais eficiente e significativo.

Muito se discute de que esse processo de transposição entre a teoria psicogenética e epistemológica e a prática educativa muitas vezes acarreta em adaptações, interpretações e, por fim, pode culminar em distorções e releituras equivocadas (MOREIRA, 1999). Entretanto, definitivamente, percebemos não ser este o caso do grupo de pesquisa da USP. Nas suas investigações, os integrantes do LaPEF procuraram se apoiar nos referenciais na busca por elementos para refletir a respeito da evolução e estruturação das noções físicas, bem como dos seus mecanismos, instrumentos, processos etc., abordando-os com a profundidade e complexidade que é pertinente a um conjunto de teorias com tantas possibilidades.

Não é difícil, portanto, perceber o porquê da teoria genética receber atenção especial no ambiente educacional de forma geral. Trata-se de uma perspectiva muito fecunda acerca da reflexão epistemológica, envolvendo ainda uma série de elementos que dão conta das questões acerca da gênese do conhecimento no sujeito.

No que diz respeito a Piaget e García, embora em suas trajetórias de pesquisa tenham, de forma mais evidente, centrado esforços no problema da construção do conhecimento e não especificamente no ambiente escolar, tal fato não significaria assumir entretanto que suas obras tenham pouca importância ao abordar questões relativas ao tema, tendo em vista terem se dedicado também a questões próprias da educação e se tratarem de referências amplamente

evocadas, especialmente Piaget, em discussões pedagógicas (MACEDO, 2002, 2005; VASCONCELOS, 1996; BECKER, 1994; CARVALHO, 1992).

Sobre Piaget, por exemplo, Parrat-Dayan e Tryphon (1998) argumentam que:

[...] Sem ser um pensador da educação, Piaget sempre se interessou pelo tema. Esse interesse provém ao mesmo tempo do contexto no qual ele realizou a maioria de suas primeiras pesquisas e de sua inserção real no mundo da educação através da Agência internacional de educação. Esta última, aliás, contribuiu em grande medida para fazer de Genebra a capital da pedagogia moderna (p. 22).

Sobre García, Peruzzo (2019) destaca:

[...] penso que a abordagem de Rolando García ajuda a compreender e a inspirar novos desafios. Isto desde a dimensão epistemológica e do compromisso da educação e da ciência com a coletividade. Por sua posição frente à ciência foi perseguido em seu próprio país e, devido a isso, cresceu sua tarefa como cientista e o fez amplificar o poder da ciência no desenvolvimento do conhecimento a serviço da humanidade¹.

Nesse processo de construção, estenderíamos nossas leituras de forma a fomentar discussões a respeito de elementos já abordados em nossa argumentação e de outros que possivelmente consistem em reflexões interessantes a respeito da temática analisada da relação da teoria genética e do ensino de Física. E, de forma geral, encontramos, na obra de Piaget e colaboradores a análise de problemas pertinentes à educação, sobretudo a partir da questão do método e da relação entre o sujeito e os objetos do conhecimento.

6.1. Aprofundamento do diálogo entre Psicologia e Pedagogia

Um dos pontos da teoria piagetiana que mais reverberam no ambiente escolar consiste no aprofundamento do diálogo entre a psicologia e a pedagogia.

No ensino de Física, um destaque importante a ser observado na argumentação de Carvalho (1983), diz respeito que a estruturação dos estágios de desenvolvimento lógico-matemático dos sujeitos, bem como a caracterização do estágio formal, realizados por Piaget e colaboradores exerceu forte impacto na concepção de currículo adotada até então. Tal concepção não desfrutara de uma discussão mais aprofundada pela comunidade docente em virtude de, além de outros fatores, não dispor ainda de fundamentação teórica que fornecesse subsídios para o debate e para a orientação do trabalho. Acerca disso, a autora destaca:

Apesar da grande importância da teoria dos estágios e de estarmos conscientes da relação de necessidade entre o desenvolvimento lógico-matemático do aluno e a

¹ Tradução nossa.

aprendizagem de inúmeros conceitos físicos, esse tipo de pesquisa estava levando a comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências a um impasse que foi muito bem explicado por Eleonor Duckworth (1979): “Ou nós (os professores) chegamos muito cedo e eles não podem compreendê-lo (o conteúdo), ou nós chegamos muito tarde e eles já o sabem” (CARVALHO, 1983, p. 6).

Parrat-Dayan e Tryphon (1998) destacam que, num contexto em que eram criticadas as pretensões de representantes da psicologia em promover esta como um fundamento para a pedagogia, Piaget, não obstante tenha amadurecido suas posições com o tempo e o desenrolar das pesquisas realizadas por seu grupo, permaneceu com posição ambígua no debate acerca de qual seria a relação entre os dois campos (colaboração ou dependência?). A respeito disso, as autoras argumentam:

Piaget analisa a relação entre pedagogia e psicologia por meio da contraposição da escola tradicional à escola nova, para em seguida emitir considerações psicológicas que deveriam ajudar a fundamentar cientificamente os princípios da escola nova. Dessa maneira, ele parece evitar a confrontação psicologia/pedagogia. Ele analisa assim os princípios da escola ativa por meio de diferentes aspectos, tais como a atividade da criança, a importância da mentalidade infantil e o mecanismo da vida social infantil. Diferentemente da educação tradicional, a escola nova recorre à atividade da criança, ao trabalho espontâneo fundamentado sobre a necessidade e o interesse pessoais. A psicologia afirma que a criança é realmente capaz dessa atividade (PARRAT-DAYAN e TRYPHON, 1998, p. 15).

Nesse sentido, as autoras observam uma tal circularidade entre os campos, na narrativa de Piaget, que o permitiu contemporizar, em relação à pedagogia, uma relação de dependência quanto à psicologia. Além disso, sobre essa relação, elas apontam que a leitura dos textos pedagógicos de Piaget² permitiu reconhecer que, embora ele tenha mantido (epistemologicamente) uma visão construtivista e interacionista, há certa evolução em suas ideias em ambos os campos que seguem de perto seus “interesses psicológicos”. Nessa evolução, elas apontam que receberam um tratamento singular em sua retórica: a atividade do sujeito, o papel e a importância do professor, dos materiais e das situações experimentais no ambiente pedagógico (PARRAT-DAYAN e TRYPHON, 1998, p. 18).

Além desses núcleos de atenção contemplados na afirmação das autoras, poderíamos ainda acrescentar como interessantes para pensar o ensino de Física, conforme observamos no desenvolvimento dos trabalhos do LaPEF e da construção de Piaget em parceria com Rolando

2 Dos aproximadamente sessenta livros publicados por Piaget, apenas dois se apresentavam como conteúdo pedagógico: “*Psychologie et Pédagogie*” (1969) e “*Où va l'éducation?*” (1972). Além desses, Piaget deixou um número considerável de textos (artigos, cartas, ensaios etc.), produzidos especialmente no período em que esteve à frente do *Bureau International d'Éducation* (BIE), órgão vinculado à UNESCO, do qual Piaget foi diretor entre os anos de 1929 e 1968. Alguns desses textos foram compilados por Parrat-Dayan e Tryphon na obra “*De la pédagogie*” (1998).

García, a construção das noções científicas, a questão da causalidade, da história e filosofia das ciências, e da dimensão sociocultural do conhecimento científico.

6.2. A atividade do sujeito

Tendo em vista ser um dos objetivos da educação a formação de seres autônomos, esse desenvolvimento não deveria ocorrer por meio da simples transmissão oral de conceitos. Nesse sentido, Piaget e seus colaboradores discutem acerca da relação entre adulto, criança e o mundo na estruturação do conhecimento, bem como sobre os mecanismos de influência recíproca existentes entre sujeito e objeto.

Levando em consideração que o ato de ensinar representa uma intervenção institucionalizada na qual a escola determina um padrão de conhecimento para o estudante e estabelece, dentre outras coisas, o que será estudado e de que forma, cabe aos responsáveis refletir acerca da maneira como tais estruturas podem ser incorporadas pelos sujeitos sob sua responsabilidade.

Nesse sentido, o entendimento trazido pelos trabalhos da escola de Genebra enfatiza a importância da atividade do sujeito na construção do saber, especialmente no que diz respeito ao aprendizado das disciplinas científicas, como percebemos nas etapas resumidas por Kamii e DeVries (1986), baseadas nos “níveis evolutivos de ação” que a criança pode ter com os objetos do mundo físico, citados anteriormente por Gonçalves (1991):

- Agir sobre os objetos para ver como eles reagem;
- Agir sobre os objetos para realizar neles um efeito desejado;
- Ter consciência de como se produziu o efeito desejado;
- Explicação das causas (GONÇALVES, 1991, p. 42).

Dentro dessa perspectiva, observa-se a peculiaridade do construtivismo piagetiano no entendimento de que a construção ativa do conhecimento do sujeito, viabilizada também por sua imersão no (mundo) real, é o fator que possibilita a elaboração de suas estruturas de compreensão, de forma a serem gradativamente mais equilibradas em direção a uma compreensão do mundo cada vez mais ampla. Além disso, tal construção consiste, com efeito, numa reconstrução inseparável da ação, no sentido de que o indivíduo reconstrói o conhecimento em duplo sentido, pois o constrói sobre uma estrutura própria anterior e também re-constrói algo já elaborado por outro sujeito (conhecimento socialmente elaborado) (LAJONQUIÈRE, 1997).

Ademais, como destacado anteriormente, essa construção só é realizável por meio de uma interação, mediada pela ação do sujeito, explicadas pelos mecanismos da assimilação e da acomodação. Nesse sentido, o sujeito é ativo quando integra uma experiência aos esquemas já existentes (mecanismo de assimilação), bem como no momento em que os modifica com o fim de se adequar à nova percepção da realidade (mecanismo de acomodação). É por meio desse processo de equilíbrio que acontece o desenvolvimento mental e sobretudo a aprendizagem científica, e tal processo é construído nessa interação do sujeito com seu meio (físico e sociocultural).

Com base na teoria da ação de Piaget, por exemplo, é possível considerar o erro dos estudantes como a possibilidade de se obter as suas significações cognitivas acerca das noções científicas estudadas, em vez de simplesmente “repetir nossa explicação, que apesar de lógica e coerente, passa ao largo da dúvida do aluno. A superação desta etapa não pode ser feita por superposição de ideias (as do professor sobre as do aluno), mas por transformação da ideia do aluno” (CARVALHO, 1989, p. 10).

Nesse sentido, inclusive, é digno de repúdio o fato de a escola frequentemente impor conhecimentos prontos com formalizações e verdades já estabelecidas, em detrimento do estímulo à pesquisa ativa por parte do estudante – quantos impulsos criativos e quanta curiosidade científica já foi reprimida nos bancos escolares ao simplesmente levar os alunos a repetirem o que lhes é apresentado oralmente? (CARNEIRO, 2014). Concordamos a respeito disso com o próprio Piaget: “A educação não pode, menos que qualquer outra forma de educação, contentar-se na transmissão e na aceitação passiva de uma verdade ou de um ideal já elaborado: a beleza, como a verdade, só vale quando recriada pelo sujeito que a conquista (PIAGET, 1995, p. 190).

Mas, eis o desafio: de acordo com essa perspectiva, como deve ser o ensino, então? Este breve resumo pode nos servir de bússola: “[...] para compreender é preciso criar, criar os instrumentos que nos permitirão compreender o mundo. E, para criar, um espaço de liberdade é necessário, um espaço que apenas o self-government e o trabalho em grupo podem oferecer” (PARRAT-DAYAN E TRYPHON, 1998, p. 23).

Concordando com tal entendimento, acrescentamos que um modelo de educação calcado em princípios de imposição arbitrária de normas e de postura estritamente voltada à memorização de conteúdos, da chamada escola tradicional, não satisfaz a forma como os

indivíduos se desenvolvem e aprendem e com o ideal de sociedade democrática. Acerca disso, Carneiro (2014) argumenta:

A postura conteudista e reacionária (que está ligada a uma defesa da escola tradicional e de transmissão de conteúdos) da educação centra-se na defesa da formação de hábitos ditados pelo social (à maneira do Behaviorismo Radical). Mas o que é uma regra? Não é um simples hábito individual, pois o hábito, se não for coercitivo em diferentes graus, nunca se apresentará, enquanto hábito, como obrigatório.

O que, por conseguinte, concorda com Piaget:

Podemos supor que seja esse hábito adquirido em classe de repetir e de obedecer, de dobrar-se sem refletir às opiniões morais e intelectuais dos grandes, que faz com que tenhamos tanto trabalho, uma vez adultos, para nos livrarmos das coações que os grupos impõem à nossa irreflexão (PIAGET, 1995, p. 106-107).

E com o García:

Temos que repensar nossa discussão e, no que nos diz respeito, temos que repensar a educação e a universidade. Hoje, a educação básica significa aprender a ler. Não Dom Quixote, mas a leitura dos manuais dos dispositivos para que possamos apertar o botão certo: essa é a educação básica do Banco Mundial. E no ensino superior é uma questão de colocar a universidade a serviço do sistema produtivo e do mercado. Cabe a nós pensar sobre a universidade neste mundo (GARCÍA, 1999).³

Tratando especificamente do ensino de ciências, cabe-nos destacar dentre os textos de Carvalho (1983; 1992; 2011; 2017) e seus colaboradores (NARDI, 1990; GONÇALVES, 1991; SILVA, 1989) referências à necessidade, observada nos trabalhos de Piaget e colaboradores – García inclusive (GARCÍA, 1982a) – acerca da passagem da ação manipulativa para a ação intelectual bem como da ação intelectual para a elaboração de novas hipóteses que conduzem a uma nova ação manipulativa. Nesse sentido, observamos o destaque dos pesquisadores à necessidade da criação de espaços propícios para as aulas de Física (ou de Ciências, em geral), que proporcionem tais oportunidades de evolução aos estudantes.

De forma geral, portanto, o estudo da Epistemologia e Psicologia Genéticas propicia um entendimento, para o ensino das disciplinas científicas, do estudante como indivíduo ativo no processo de estruturação do conhecimento científico demandando dos professores dessas disciplinas uma conduta pessoal, bem como uma metodologia, que observem os princípios de livre atividade do sujeito. Tal percepção, embora não despreze a transmissão do conhecimento assume, especialmente, que este não deve ser meramente comunicado aos estudantes (com o

³ “A la búsqueda de nuevas...” - Discurso en ocasión del homenaje que le hiciera la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (GARCÍA, 1999).

fim de que eles memorizem dados, noções etc.), mas sim reestruturado (reconstituído / reinventado) de forma ativa por eles (CARNEIRO, 2014).

6.3. O papel e a importância do professor

Nessa acepção do trabalho educativo, a figura do professor permanece imprescindível tendo em vista ser este o responsável pela elaboração dos materiais e das situações desequilibradoras que possibilitam a aprendizagem dos conceitos científicos. Entretanto, espera-se deste que, essencialmente, abandone a figura de palestrante (que fomenta apenas uma memorização mecânica e dogmática dos conhecimentos científicos) e se vista como um pesquisador que, além da capacidade de selecionar materiais e ambientes adequados, tenha a competência para elaborar problemas desafiadores e que seja familiarizado com estágios de desenvolvimento tanto dos conceitos que se pretende ensinar, como dos sujeitos de sua ação educativa, assim como dos desequilíbrios necessários para promover um ensino efetivo.

Nas iniciativas decorrentes do trabalho do LaPEF percebemos a valorização da ação manipulativa e da independência dos alunos ao mesmo tempo em que o professor passa a inclusive tornar-se, junto com os estudantes, um pesquisador. Nesse sentido, espera-se que ele seja além de capaz de preparar bons materiais e situações de ensino interessantes, fosse apto a formular problemas desafiadores, capazes de provocar os desequilíbrios necessários para elaboração de novos conhecimentos, e dessa forma, deveria conhecer com profundidade os passos dos desenvolvimentos estudados, bem como elaborar contraexemplos que provoquem o raciocínio e a reflexão dos estudantes, assim como estimular sua capacidade de observação.

De acordo com essa perspectiva do processo de aprendizagem, ensinar implica provocar um desequilíbrio na mente da criança de modo que ela, no processo de busca por reequilibrar-se, estabeleça uma nova estruturação cognitiva e, dessa forma, adquira um novo conhecimento. Essa capacidade de reestruturação mental constitui o mecanismo de aprender da criança e o ensino deve sempre buscar ativá-lo.

No que diz respeito à pesquisa em ensino de Física, esse entendimento se apresenta como fundamentação indispensável, dado que aspecto fundamental para este é que o docente conheça a forma como seus alunos percebem e compreendem o mundo físico em que vivem. Isso implica em conhecer como eles experienciam e formulam explicações sobre as noções e fenômenos fundamentais e, nesse sentido, como essa estruturação acontece. Isto posto,

partindo desse entendimento, pode-se construir um ensino de Física relevante (CARVALHO, 1983).

Nesse sentido, considerando essa perspectiva acerca do desenvolvimento cognitivo, outro aspecto a se levar em conta seria que tal ativação do mecanismo de aprendizagem deveria observar seu nível de desenvolvimento cognitivo, a fim de elaborar situações adequadas a proporcionar o desequilíbrio necessário para ativar o processo de reestruturação na criança. Não são pouco comuns situações em ambiente escolar nas quais se procura ensinar conteúdos que necessitam de uma compreensão de princípios de conservação e de reversibilidade a crianças que ainda não se encontram num nível de desenvolvimento que permita tal compreensão (CARVALHO, 1989; NARDI, 1990).

Além disso, outro aspecto geralmente não levado em consideração diz respeito ao ensino realizado em nível puramente formal, supondo que essa etapa já tenha sido plenamente atingida por todos os estudantes. Tal atitude ocorre com certa frequência nos últimos anos do ensino secundário e inclusive nos primeiros anos de cursos universitários dificultando a evolução de um número considerável de estudantes (ABIB, 1983; TRIVELATO, 1989).

Interessante para ampliar este debate, e ainda argumentando em relação aos esquemas de assimilação, é necessário destacar a necessidade de se observar, no processo de ensino, os esquemas de todos os elementos envolvidos (alunos, professores e os esquemas que se pretende ensinar). Sobre essa relação, destacamos o conceito de ensino reversível de Kubli (1979):

Num diálogo reversível, a distribuição dos esquemas de assimilação deveria ser tão equilibrada quanto possível. (Em um sentido ideal, mas não realizável, o ato de ensinar passaria inteiramente por uma sucessão de estados de equilíbrio de comunicação, tal como em um processo termodinâmico reversível). Para uma discussão de escola tratando com um problema em física, isso significa que o professor deveria relacionar, através de argumentação apropriada, os esquemas de assimilação próprios dos estudantes ao esquema de assimilação que ele deseja ensinar, e usar esquemas já existentes, mas com um mínimo de desequilíbrio. Quanto mais próxima for a argumentação do esquema de assimilação dos estudantes, mais reversível se torna o diálogo e mais eficiente o trabalho de ensinar.

Apesar do que foi destacado anteriormente, em relação à necessidade do ato de ensinar ter um caráter desequilibrador na mente do estudante, Kubli (1979) sugere que tal desequilíbrio não seja desproporcional a ponto de não permitir a equilibração majorante que leva a um novo equilíbrio à estrutura do sujeito. Nesse sentido, exige-se uma seleção criteriosa dos esquemas de assimilação, a fim de não tornar o diálogo de ensino indevidamente desequilibrado, no qual o professor meramente ignora os esquemas do aluno e

utiliza os seus. No caso da assimilação de um conceito exigir um desequilíbrio significativo, deve-se adotar etapas intermediárias que permitam um desenvolvimento gradual a fim de reduzir o desequilíbrio: “Ensino reversível não significa eliminar o desequilíbrio e sim passar de um estado de equilíbrio para outro por meio de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos, tal como em uma transformação termodinâmica reversível” (KUBLI, 1979).

Dessa forma, entende-se que a escola, e seus agentes, devem levar em consideração o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos e suas implicações na aprendizagem. Isto posto, entendemos que, no aspecto ora discutido, este referencial teórico possibilitou (e possibilita) aos professores e pesquisadores de Ensino de Física ampliar horizontes, fortalecendo a concepção de uma educação mais efetiva e relevante.

6.4. O papel dos materiais e das situações experimentais no ambiente pedagógico

Outra implicação que nos parece de extrema relevância do trabalho empreendido no LaPEF e com importante fundamentação na teoria genética diz respeito ao recurso às atividades experimentais. A utilização do experimento como fator de desequilíbrio cognitivo, primeiramente nas entrevistas clínicas e depois no planejamento de atividades de intervenção, demonstra o caráter indispensável da utilização desse recurso para o planejamento de uma situação de ensino de Física.

A respeito do primeiro aspecto citado, observa-se na crítica de Piaget ao ensino tradicional um destaque especial quanto ao distanciamento do ensino das disciplinas científicas de sua dimensão experimental. Não que tal defesa significasse uma convicção ingênua de que o recurso a qualquer atividade experimental implique, necessariamente, que o aluno irá aprender, mas sim que haveria uma relação intrínseca entre os métodos de ensino empregados e o perfil do sujeito resultante de tais processos educativos.

Acerca dessa perspectiva na argumentação de Piaget e colaboradores, Parrat-Dayan e Tryphon (1998) observam que a atenção dada a atividade do sujeito é com frequência contrastada ao ensino verbalista, reportando-se, por vezes, a uma concepção de ensino individualizado. Nesse sentido, as autoras percebem uma evolução a esse respeito de, primeiramente, um entendimento do ato de experimentar como importante para a compreensão de uma dada realidade (“realidade vivida”) para, posteriormente, uma compreensão da atividade como um atributo fundamental do pensamento infantil:

A necessidade de experiência torna-se necessidade de experimentação. A atividade torna-se atividade construtiva do pensamento. É a ação que permitirá a construção das operações intelectuais. No campo das ciências naturais, por exemplo, é pela observação e experimentação ativas (observação da natureza, adestramento de animais etc.) que a criança chegará às classificações e ao estabelecimento de relações necessários para a compreensão dos diferentes problemas que se colocam nesse campo. Por sua atividade, a criança constrói seus próprios instrumentos operatórios para compreender o mundo [...] ao falar de atividade no campo da educação Piaget se refere cada vez mais à atividade operatória, ou seja, lógica, o que está de acordo com seus interesses em psicologia (PARRAT-DAYAN E TRYPHON, 1998, p. 20).

Interessante destacar que, mesmo quanto ao entendimento do papel da experimentação, é feito um alerta levando em consideração duas perspectivas que, se não compreendidas, poderiam redundar em possíveis distorções, quais sejam: quanto ao que a pesquisa psicológica compreendia como a relação da criança com os objetos sobre os quais ela age, e quanto ao papel do professor nesse processo:

[...] no próprio terreno da experimentação concreta, ainda existem duas maneiras de conceber a relação do professor com a criança e desta com os objetos sob os quais incide sua ação. Uma é preparar tudo, de tal modo que a experiência consiste numa espécie de leitura compulsória e totalmente regulada de antemão. A outra é provocar no aluno uma invenção das próprias experiências, limitando-nos a fazer com que tome plena consciência dos problemas, que em parte ele mesmo já se coloca, e a ativar a descoberta de novos problemas, até fazer dele um experimentador ativo que procura e acha as soluções, por meio de inúmeras tentativas talvez, mas por seus próprios meios intelectuais (PIAGET, 1998, p. 179).

Segundo Piaget afirmar a primazia do “método indutivo” seria, certamente, optar pela segunda alternativa, dando prioridade a uma metodologia na qual a criança seja direcionada, por meio da operação do concreto, à construção de suas operações intelectuais de modo a superar a mera leitura dos fatos, por meio do estabelecimento de relações de modo espontâneo e da própria estruturação do processo indutivo no sujeito.

Acerca disso, Piaget ainda acrescenta:

[...] o apelo à atividade do aluno supõe mais cedo ou mais tarde (não somente no que se refere a classificações e à sistematização dos resultados obtidos, mas também frequentemente à sua própria interpretação) uma vida social organizada entre os próprios alunos: a experimentação se completa pela discussão conjunta, a redação ou desenho nos cadernos de observação convoca a colaboração dos pesquisadores, em suma, o exercício das operações constitutivas do saber supõe essa cooperação intelectual que é o meio necessário para a organização das próprias operações individuais. É aqui que o papel do professor volta a ser central, enquanto animador das discussões, depois de ter sido o instigador, junto a cada criança, da apropriação desse admirável poder de construção intelectual que toda atividade real manifesta (PIAGET, 1998, p. 180).

Nesse sentido, Carneiro (2014) destaca que uma experiência que não seja empreendida pelo próprio indivíduo, com ampla liberdade de iniciativa, afasta-se do seu sentido

fundamental, convertendo-se em mero adestramento; desprovido, portanto, de sua essência formativa em virtude da falta de compreensão satisfatória, dado que o princípio elementar dos métodos ativos é a compreensão ativa por meio de uma reestruturação contínua dos conhecimentos estudados. Ademais, ele acrescenta:

Neste sentido, cabe a iniciação às Ciências Naturais favorecer a livre atividade do aluno através (entre outras formas) da experimentação (na medida em que as diferenciemos do aspecto dedutivo ou matemático). A educação científica deve oferecer meios propícios para estimular a curiosidade e a pesquisa ativa, e a experimentação é um caminho interessante (CARNEIRO, 2014, p. 22).

Todavia, Kubli (1979) faz importante alerta ao observar que as ações e demonstrações associadas ao ensino experimental necessitam estar sempre atreladas à argumentação e ao discurso do professor, argumentando que seria enganoso esperar que tais atividades, ainda que operadas pelos próprios alunos, tenham por si só a capacidade de acarretar na aprendizagem dos conceitos científicos.

Cabe nessa sequência observar, inclusive, que embora Piaget argumente em defesa dos métodos ativos e, quanto mais, por uma escola ativa, entretanto numa perspectiva de um ensino reversível, como argumentada anteriormente, tal defesa não significa consentir que as iniciativas caibam apenas aos alunos, logo, entende-se que o docente deva ser também ativo tal como o estudante. Tal afirmação vai ao encontro da crítica de Piaget acerca de uma percepção dualista ingênua que em extremos enxergava, por um lado, um “diretívismo puro” (atitude que promoveria um ambiente de mera repetição e conformismo) e, por outro, um “não-diretívismo puro e simples” (que redundava num estado de desorganização e insegurança) (MOREIRA, 1999, p. 104).

Nesse sentido, Montoya (2007, p. 90) argumenta:

Apesar do avanço na direção da atividade experimental, ainda existem problemas a serem superados, pois outorgar maior importância aos objetos que as palavras não significa, necessariamente, uma atividade experimental propriamente dita, pois a relação pedagógica poderia se reduzir a um ativismo que nega a aprendizagem do conteúdo sistematizado pela ciência ou a uma atividade regulada exteriormente pelo educador.

Nesse ambiente difuso acerca da compreensão do ensino experimental, entendemos que o equilíbrio seria encontrado a partir de uma perspectiva que contemple tanto a capacidade de invenção e criação da leitura das experiências nos alunos como uma forte vinculação à argumentação do professor e aos esquemas que ele pretende ensinar. Nessa perspectiva, o docente adquire uma postura de provocador e motivador da curiosidade do

estudante, que compreende e valoriza a relação deste com a vivência da experiência, e sua implicação no processo de construção do conhecimento. Deve-se ter consciência ainda que os dispositivos experimentais não conduzem ao conhecimento de forma puramente indutiva, mas, é na busca por soluções a problemas, no levantamento de hipóteses, na investigação curiosa e dedicada, e além disso, com a interação e discussão com as hipóteses dos outros, que somos conduzidos ao aprimoramento do conhecimento. A atividade experimental deve implicar, portanto, também numa decisiva necessidade de interação social (CARVALHO, 1989; GONÇALVES, 1991; CARNEIRO, 2014)

Concordamos assim com o próprio Piaget que:

[...] é evidente que o educador continua indispensável para criar as situações e armar os dispositivos iniciais capazes de suscitar problemas úteis à criança e para organizar, em seguida, contraexemplos que levem à reflexão e obriguem ao controle das soluções demasiado apressadas: o que se deseja é que o educador deixe de ser apenas um conferencista e que estimule a pesquisa e o esforço, em vez de se contentar com a transmissão de soluções já prontas. Quando se pensa no número de séculos que foram necessários para que se chegasse, por exemplo, a matemática denominada “moderna” e à Física contemporânea, mesmo a macroscópica, seria absurdo imaginar que, sem uma orientação voltada para a tomada de consciência das questões centrais, possa a criança chegar apenas por si a elaborá-las com clareza. No sentido inverso, entretanto, ainda é preciso que o professor não se limite ao conhecimento da matéria de ensino, mas esteja muito bem informado a respeito das peculiaridades do desenvolvimento psicológico da inteligência da criança ou do adolescente (PIAGET, 1972. p. 20).

6.5. A Construção das noções físicas

Aspecto amplamente discutido por Piaget e García em PHC (1982) e que reverberou de forma especial nas pesquisas do LaPEF diz respeito à formação das noções físicas.

Como vimos, Piaget e colaboradores já haviam discutido com afinco a formação de noções como “número”, “velocidade”, “tempo”, “espaço” etc. Sobretudo a partir dos anos 50, tais conceitos são articulados em torno de um objetivo central que consistia na elaboração de uma Epistemologia Genética.

Na sequência desse desenvolvimento, os esforços foram voltados ao estudo dos mecanismos estruturantes do conhecimento que possibilitaram um aprofundamento da discussão acerca da evolução natural das operações mentais, aspecto especialmente discutido por Piaget e García (1982), seja a partir da perspectiva da elaboração dos conceitos no decorrer da história ou a partir do desenvolvimento dessas noções na estrutura cognitiva do sujeito.

Além dos elementos desenvolvidos pelos autores em “*Psicogênese e História das Ciências*” (1987), destacam-se outras obras suas como importantes nessa discussão, tais como “*Introdução à epistemologia Genética: o pensamento físico*” (PIAGET, 1974), “*Vers une logique des significations*” (PIAGET e GARCÍA, 1987), “*Conhecimento em construção: das formulações de Piaget à teoria de sistemas complexos*” (GARCÍA, 2002), entre outros. Nesses e noutros textos os autores assinalam a importância acerca das discussões epistemológicas no estudo do desenvolvimento dos conhecimentos científicos a partir da perspectiva da história e, por outro lado, para a compreensão dos mecanismos de elaboração do conhecimento sob a perspectiva do sujeito.

De forma geral, o entendimento acerca da construção das noções físicas contribui, de forma significativa, não no sentido de fornecer respostas definitivas acerca do que são os conceitos, mas sim para servir de orientação a sua problematização e investigação epistemológica, cognitiva e científica (CARNEIRO, 2014).

Isso absorvemos de forma especial do trabalho realizado pela Prof.^a Anna Maria e seus colaboradores, especialmente quanto ao alcance das noções investigadas no contexto do grupo de pesquisa (quantidade de movimento, aceleração, campo, centro de massa, velocidade angular etc.) e das peculiaridades da formação de cada noção, além da investigação acerca do problema de compreender como as crianças e os adolescentes explicam os fenômenos físicos aos quais são apresentados. O desenvolvimento dos mais variados conceitos têm “importância fundamental no desenvolvimento do pensamento, assim como o crescimento intelectual acarreta a formação e desenvolvimento de novos conceitos” (CARVALHO, 1983).

Nesse sentido, no que se refere ao Ensino de Física, entendemos que é de imensa valia para a formação escolar que a discussão acerca das noções científicas fosse abordada e, especialmente pelos docentes, dominada como forma de facilitar a aprendizagem dos conceitos, conhecendo suas nuances e caminhos para sua estruturação. Conhecer a evolução natural das operações mentais, bem como a estruturação das noções que delas decorrem e suas raízes epistemológicas, propicia, na nossa percepção, um entendimento mais aprofundado dos mecanismos de construção do conhecimento, oportunizando inclusive uma adequação das metodologias às demandas mais elementares do desenvolvimento cognitivo dos sujeitos.

6.6. A Causalidade física

Outro destaque a ser observado em relação à perspectiva construtivista que diz respeito à oportunidade de diferenciar conhecimento lógico-matemático de conhecimento físico. Carvalho (1992) aponta que, a partir da relação entre sujeito e objeto, por meio dos mecanismos de equilíbrio (assimilação e acomodação), emergem estruturas lógico-matemáticas (de natureza endógena aos indivíduos) que são aproveitadas no processo de construção do conhecimento pertencente ao mundo físico (exógeno). Nessa perspectiva, a autora observa que, por meio da interação recíproca de tais elementos, poder-se-ia considerar o conhecimento científico tal como “duas faces de uma mesma moeda: o causal e o legal”. E, sobre isso, acrescenta:

Ao descobrir regularidades no mundo físico e ao aplicar-lhes uma relação lógico-matemática, o sujeito constrói LEIS, que exprimem relações passíveis de repetição entre fatos, constituindo um amplo domínio da legalidade. No entanto, ao procurar explicar o porquê da ocorrência de algum fenômeno ou o porquê da existência de leis, o sujeito terá que construir um sistema de relações que é apenas isomórfico em relação à realidade física, não se confundindo inteiramente com ela. Neste sistema causal, os objetos passam a operar uns sobre os outros, em função das necessidades que o próprio sistema criou. Todas as leis conhecidas que dizem respeito ao sistema passam a ser vistas como necessárias frente ao comportamento que o sujeito atribui ao mundo físico. [...] Esse sistema causal depende do mundo físico - afinal é um sistema de relações entre objetos e eventos - e também das estruturas formais do sujeito, que é quem cria as relações. Assim, a existência do dia e da noite e as estações do ano - uma lei natural - torna-se necessária para um sistema causal que atribui à Terra um movimento em torno de seu eixo não perpendicular à órbita em torno do sol (CARVALHO, 1992, p. 88).

Do trabalho realizado pelo LaPEF, observamos como importante implicação para o ensino de Física o especial destaque à busca pela compreensão acerca de como os estudantes explicam as relações causais dos fenômenos físicos estudados na escola.

Em Trivelato (1989), por exemplo, é feito destaque à concepção de *causalidade*, em meio a discussão de aspectos gerais da Teoria da Equilíbrio que explicam a construção do conhecimento e as etapas sucessivas nesse processo de desenvolvimento cognitivo. Abaixo reproduzimos novamente comentário acerca da concepção de “explicação”:

[...] explicar é responder à pergunta “por quê?”, é tornar um fenômeno compreensível e não apenas constatar. No plano das ciências dedutivas é buscar a “razão” e no terreno das ciências físicas é mostrar as conexões causais. Em outras palavras, separar a razão de qualquer realidade, formal ou real, é mostrar sua necessidade e, em consequência, é apoiar-se sobre um modelo dedutivo. [...] Piaget reconhece que o fato mais fundamental do ponto de vista epistemológico é que toda explicação causal acaba por incorporar a noção de estrutura lógico-matemática em qualquer nível que seja. Sua hipótese sobre causalidade (entendida genericamente com qualquer explicação) é que esta resulta da “atribuição” de estruturas lógico-

matemáticas do sujeito aos objetos, enquanto que a legalidade envolve apenas a aplicação dessas estruturas (TRIVELATO, 1989, p. 16).

Especialmente em Gonçalves (1991), percebe-se que o entendimento da evolução das noções físicas evidencia etapas de desenvolvimento dos diferentes conceitos na mente das crianças; e, do último elemento extraído pela autora dos princípios de Kamii e DeVries (1986) - “Explicação das causas”, ela incorpora a resposta para o problema central da preocupação que ocupou a mente dos pesquisadores do LaPEF durante certo período: “E os alunos? O que sabem? Você, a professora vai dar aula para os alunos e os alunos aprendem o que?” [...] “O que o aluno aprende?”; o que na sequência seria elaborado como “o que é uma explicação física?” e, nesse sentido, como argumentado anteriormente, resultaria no recurso a Piaget e García (1973), com sua compreensão acerca das “Explicações Causais” e da interpretação de García (1982) a respeito da diferenciação entre o causal e o legal, citada nos capítulos anteriores.

Por fim, resumo importante a respeito do valor dessa entendimento para a elaboração de estratégias de pesquisa e de ensino de Física, encontramos na argumentação de Carvalho (1996):

Ao querer que o aluno (a criança) construa um conhecimento científico, nós temos que procurar que essa criança, que esse adolescente, cientista dê explicações causais. [...] A construção do conhecimento se faz quando o indivíduo consegue construir um “porquê”, dentro de uma sistematização científica (CARVALHO, 1996).

6.7. História e filosofia das ciências

Outra dimensão a ser alcançada nesse entendimento acerca do desenvolvimento das noções físicas diz respeito à sua evolução histórica. Isso lemos de forma marcante na interpretação de Carvalho (1989):

A importância do professor conhecer a história da ciência está em poder compreender os seus alunos, pois inúmeras vezes o raciocínio encontrado em sala de aula é muito semelhante a raciocínios que um dia a Ciência já considerou corretos. O caso mais típico em nosso ensino, e que quase todos os professores já encontraram em suas classes, é o aluno descrever o que acontece quando um objeto é jogado para cima de modo muito semelhante ao que foi descrito por Buridan (Século XIV).

Nesse sentido, a autora destaca que é relevante para a estruturação de um ensino construtivista, em outras palavras, de “um ensino que pretenda que o aluno construa o seu próprio conhecimento”, compreendermos não apenas o modo como esse conhecimento é

elaborado na estrutura cognitiva de um sujeito (psicogênese), mas ainda como essa noção foi sendo elaborada ao longo da história da Ciência:

O desenvolvimento histórico nos faz compreender os raciocínios elaborados em cada etapa do processo de desenvolvimento de um conceito e as dificuldades encontradas pelos cientistas que às vezes, levaram anos e anos para superá-la. Muitas e muitas vezes, nós, professores, encontramos essas mesmas dificuldades em nossos alunos, e nossa reação, ao detectarmos esses “erros” em classe, é repetir nossa explicação, que apesar de lógica e coerente, passa ao largo da dúvida do aluno. A superação desta etapa não pode ser feita por superposição de ideias (as do professor sobre as do aluno), mas por transformação da ideia do aluno. É preciso fazer com que ele construa, em pouco tempo, as ideias que muitas vezes custaram anos para ser estruturadas. A vantagem do professor é que ele já sabe a sequência de raciocínio que levou o conceito a se modificar (CARVALHO, 1989, p. 10).

Em “Psicogênese e História das Ciências”, por exemplo, Piaget e García (1983) buscaram investigar as estruturações dos mecanismos de passagem entre diferentes períodos de elaboração do conhecimento científico, bem como as possíveis analogias com os níveis de desenvolvimento psicogenéticos. Em vista disso, cabe salientar que o recurso à História das Ciências e à Psicogênese possibilita evidenciar que dado elemento reconhecido como verdade encontra-se num processo ininterrupto de construção de inovações.

Em Nardi (1990), vemos que essa perspectiva, aliada a compreensão dos processos psicogenéticos, pode fundamentar os processos de construção das noções, e além disso, fornecer subsídios para elaboração de estratégias de ensino e propiciar ao docente uma atuação mais consciente em relação ao raciocínio do estudante:

Assim, conhecer como o ocorre a gênese de um conhecimento no indivíduo é importante para o educador, não só em termos de possibilitar intervenções de ensino de aspectos isolados, mas sobretudo, num contexto mais amplo: ao entender os detalhes de todo um processo de aquisição de conhecimentos, o educador passa a atuar de maneira mais consciente, respeitando a complexidade de evolução natural; ele passa a “ler” as reações dos alunos de outra maneira; ao invés de apenas discernir entre o supostamente certo (científico) e o supostamente errado (do aluno), passa a entender a diferença em termos de estágios de construção ou evolução no pensamento do indivíduo (NARDI, 1990, p. 17).

Dessa forma, observar na psicogênese e também na História da Ciência os exemplos de evolução é importante para a conscientização de que a aprendizagem constitui um processo que se desenvolve modo muito semelhante. Nesse sentido, trata-se de uma preocupação necessária ao professor de física, portanto, compreender esses processos paralelos, e deles absorver possíveis questões com as quais poderá se encontrar na sua prática de ensino (NARDI, 1989, p. 23).

Como campo de ricas discussões científicas e epistemológicas, tal entendimento pode estimular no ambiente de ensino o reconhecimento de que a construção do conhecimento requer cooperação científica de modo a oportunizar a articulação de múltiplas perspectivas, no sentido de que a análise assentada em diferentes interpretações de determinado fenômeno possibilita a organização de uma explicação cada vez mais próxima da verdade em detrimento daquelas interditas por compreensões dogmáticas (CARNEIRO, 2014).

Por fim, encerramos esse tópico com defesa tácita de Piaget do recurso à História das Ciências como necessário à prática pedagógica:

Em poucas palavras, o princípio fundamental dos métodos ativos só pode se beneficiar com a História das Ciências e pode ser expresso da seguinte forma: *compreender é inventar, ou reconstruir por reinvenção*, e será necessário curvar-se ante tais necessidades se o que se pretende, para o futuro, é moldar indivíduos capazes de produzir ou de criar, e não apenas de repetir (PIAGET, 1972, p. 24-25).⁴

6.8. Da dimensão sociocultural do conhecimento científico

Como destacado no capítulo 2 (dois), encontramos discutido de forma interessante em Piaget e García (1982) o fato de as explicações científicas serem ainda vinculadas às condições sócio-históricas e à ideologia estabelecida num determinado contexto, condicionando as construções científicas ao quadro epistêmico estabelecido em determinado contexto a componentes de outras naturezas (econômica, política, filosófica etc.). Destacamos, mais uma vez trecho em que os autores discutem essa questão:

Para nós, a cada momento histórico e em cada sociedade, predomina um determinado quadro epistêmico, produto de paradigmas sociais e em origem de um novo paradigma epistêmico. Uma vez constituído um determinado quadro epistêmico, torna-se impossível dissociar a contribuição proveniente do componente social daquela que é intrínseca ao sistema cognitivo. Assim constituído, o quadro epistêmico começa a atuar como ideologia que condiciona o desenvolvimento posterior da ciência. Essa ideologia funciona como obstáculo epistemológico que não permite qualquer desenvolvimento fora do quadro conceitual aceito. É apenas nos momentos de crise, de revoluções científicas, que há uma ruptura com a ideologia científica dominante e que se passa a um estado diferente com um novo quadro epistêmico, distinto do precedente (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 344)

Para nós, esse entendimento reverbera de forma peculiar na construção de Piaget e García (1983), especialmente na discussão trazida em “Ciência, psicogênese e ideologia” (cap. IX), sobretudo nas convergências e divergências que eles estabelecem em relação à interpretação epistemológica de outros autores como Popper, Kuhn, Feyerabend e Lakatos, apontando para a necessidade de uma reformulação epistemológica. Sobre essa reflexão,

⁴ Tradução nossa, destaques do autor.

citamos outro trecho interessante no qual os autores destacam em que dimensão isso deve ser considerado:

Na interação dialética entre o sujeito e o objeto, este aparece imerso num sistema de relações.

Depois de tudo o que foi dito, podemos surpreender-nos em encontrar, através de toda a história da ciência, assim como da psicogênese, a repetição de modelos semelhantes no momento da aquisição do conhecimento em todos os níveis. Se a influência da sociedade é tão grande, como é possível que em todos os períodos da história da humanidade e em todas as crianças de qualquer grupo social e de qualquer país, encontremos presentes os mesmos processos cognitivos? A resposta não será difícil de encontrar, uma vez que se tenham diferenciado os mecanismos da aquisição do conhecimento que um sujeito tem a sua disposição e o modo como o objeto a ser assimilado é apresentado a esse sujeito. A sociedade pode modificar este último, mas não o primeiro. O verdadeiro sentido atribuído ao objeto, no contexto das suas relações com outros objetos, pode depender em larga medida do modo como a sociedade modifica as relações entre o objeto e o sujeito. Mas o modo como esse sentido é adquirido depende dos mecanismos cognitivos do sujeito e não daquilo que o grupo social pode fornecer.

Que a atenção do sujeito seja dirigida para determinados objetos (ou situações) e não para outros; que os objetos estejam situados em determinados contextos e não em outros; tudo isso é fortemente influenciado pelo ambiente social e pelos modelos culturais. Entretanto, todo esse condicionamento não modifica os mecanismos necessários a uma espécie biológica como o ser humano para adquirir o conhecimento de tais objetos em contextos específicos, com o tipo particular de significados sociais que lhe estão atribuídos (PIAGET e GARCÍA, 2011, p. 360).

Outra reflexão interessante lemos em Montoya (2007, p. 98):

Apesar das diferenças que separam os conhecimentos físicos e naturais dos conhecimentos sociais e culturais, estes últimos se desenvolvem e aprendem de forma análoga aos primeiros. Essa analogia obedece ao fato de que, tal como o conhecimento físico, o conhecimento social e cultural exige abstrações empíricas, isto é, a necessidade de retirar caracteres e propriedades inerentes ao mundo exterior, os quais são inseridos em sistemas de relações lógico-matemáticas. Deve-se igualmente essa analogia ao fato de que as composições sobre o mundo exterior se realizam numa sucessão temporal, de vão de fenomenismo e egocentrismo maximum para relações mais profundas e objetivas.

Tentando fazer um exercício de abstração em relação a nossa seara de trabalho, algo que percebemos na argumentação da Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, é que mesmo um ambiente acadêmico como o da pesquisa em ensino de Física é condicionado a inúmeros fatores externos às investigações empreendidas (preconceitos, resistências, conveniências etc.). O que dizer então da Física que ensinamos na escola? Trata-se de um ensino dogmático? Ensinamos uma ciência pronta, acabada? Consideramos os inúmeros fatores a ela associados e dela decorrentes?

São questões a serem respondidas, tendo em vista que o esforço em procurar uma educação mais adequada à própria natureza humana, embasada numa perspectiva de

construção do conhecimento, pode ser conduzido ponderando o desenvolvimento do conhecimento científico em todas as suas dimensões.

O ensino de Física, bem como o das demais disciplinas científicas, tem muito a se enriquecer ao oportunizar uma formação ativa dos conceitos atrelada a reflexões históricas e epistemológicas relevantes acerca da ciência até então constituída (CARVALHO, 1993; CARNEIRO, 2014).

Nessas reflexões, portanto, entendemos haver importantes elementos a respeito dos valores, instrumentos, mecanismos etc. que devem permear nossa prática educativa e nossa reflexão a respeito dela.

REFERÊNCIAS

- ABIB, M. L. V. S. *A interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de física*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.
- ABIB, M. L. S. Uma abordagem piagetiana para o ensino de flutuação dos corpos. Textos – Pesquisa para o ensino de ciências. Universidade de São Paulo. 1988.
- ABIB, M. L. S. *A construção de conhecimentos sobre ensino na formação do professor de física. agora, nós já temos as perguntas....* Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo. 1997.
- ADUSP. Associação dos Docentes da USP. *O controle ideológico na USP: 1964-1978*. São Paulo: Adusp. 2004.
- ALIAGA, J. *La Noche de los Bastones Largos*. Educ.ar, Buenos Aires: 25 jul. 2012. Disponível em: < <https://www.educ.ar/recursos/109254/la-noche-de-los-bastones-largos> >. Acesso em 15 jan. 2019.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. D. A. *A evolução do Ensino de Física no Brasil*. Revista de Ensino de Física, v. 1, n. 2, p. 47, outubro 1979.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. D. A. *A evolução do Ensino de Física no Brasil*. Revista de Ensino de Física, v. 2, n. 1, p. 45-58, Fevereiro 1980.
- ARAPIRACA, J. O. A USAID e a Educação Brasileira; um estudo a partir de uma abordagem crítica do capital humano. Dissertação (Mestrado em Educação). Rio de Janeiro: Instituto de Estudos Avançados em Educação - Fundação Getúlio Vargas, 1979. 273 p.
- ARCHIVES Jean Piaget. *Actes du XIème Symposium d'epistemologie genetique*. Archives Jean Piaget. Université de Genève. 1966.
- ARCHIVES Jean Piaget. Informations générales: La Fondation Archives Jean Piaget. Disponível em: < <https://archivespiaget.ch/> >. 2018. Acesso em: fev. 2020.
- ARROIO, A. Apresentação. In: CARVALHO, A. M. P. *Outorga do título de Professor Emérito: Anna Maria Pessoa de Carvalho*. Apresentação Agnaldo Arroio. São Paulo: FEUSP, 2019b. 31 p.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. *Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980*. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 1970 - 1983, dezembro 1986.
- BECKER, F. *Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos*. Educação e Realidade, v.19, n.1, p.89-96, jan./jun. 1994.

BENLLOCH, M. *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias – propuesta didáctica para el ciclo superior de básica*. Madrid: Visor, 1984. 176 p.

BERKSON, W. *Fields of force. The development of a world view from Faraday to Einstein*. New York: A Halsted Press Book, 1974. 370 p.

BETH, E. W. e PIAGET, J. *Epistemologie mathématique et psychologie. Essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle*. Études d'épistémologie génétique, Vol. XIV. Paris: PUF, 1961.

BOULANGER, F. D. Teaching the Concept of Speed. *School Science and Mathematics*, 76: 3-8. 1976.

BRASIL. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Câmara dos Deputados. 1961. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html> > . Acesso em: jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Superior. (2014). A democratização e expansão da educação superior no país: 2003 - 2014. (Balanço Social 2003 - 2014). Brasília, DF. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16762-balanco-socialsesu-2003-2014&Itemid=30192 > . Acesso em jan. 2020.

BRASIL. Decreto nº 63.914, de 26 de Dezembro de 1968. Câmara dos Deputados, 1968. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-63914-26-dezembro-1968-405261-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: outubro 2019.

BRASIL. Decreto nº 70.067 de 26 de Janeiro de 1972. Câmara dos Deputados, 1972. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70067-26-janeiro-1972-418584-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: Outubro 2019.

BRASIL. Parecer CNE/CES 1.304/2001. Ministério da Educação - Conselho Nacional De Educação, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: outubro 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>>.

BRINGUIER, J. C. *Conversando com Jean Piaget*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993.

CAMPOS, E. D. S. História da Universidade de São Paulo. São Paulo: EdUSP, 1954.

CANIATO, R. *Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Física*. Rio Claro/SP, Universidade Estadual Paulista, UNESP, (Orientador: José Goldemberg). 4v. 586p. Tese de Doutorado. 1973.

CARNEIRO, M. C. *As contribuições da epistemologia e psicologia genéticas de Piaget ao ensino de ciências*. In: CARNEIRO, M.C.; Caluzi, J. J.; ROTHBERG, D. (orgs.). *História e Filosofia das Ciências e o ensino de Ciências II*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

CARVALHO, A. M. P. *Piaget e o ensino de ciências*. *Revista da Faculdade de Educação (USP)*, São Paulo, v. 9, n.1/2, p. 55-77, 1983.

CARVALHO, A. M. P. *A formação do conceito da quantidade de movimento*. São Paulo. 1986. Tese (Livre-docência). Universidade de São Paulo, USP, Brasil. 1986.

CARVALHO, A. M. P. *Física: proposta para o ensino construtivista*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1989. v. 1. 65p.

CARVALHO, A. M. P. et al. *Síntesis evolutiva de investigaciones en enseñanza de ciencias*. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, v. 9, n.2, p. 169-174, 1991.

CARVALHO, A. M. P. *Construção do conhecimento e ensino de ciências*. Em Aberto, Brasília, v. 12, n.55, p. 4-16, 1992.

CARVALHO, A. M. P. *Construtivismo e ensino de ciências*. In: *Jean Piaget: en el centenario de su nacimiento (1896-1996)*. Homenagem latino-americana - Memorial da América-latina. São Paulo-SP. Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação - Instituto de Psicologia. 25-27 de junho de 1996.

CARVALHO, A. M. P. *Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI)*. In: Marcos Daniel Longhini (Org.). *O Uno e o Diverso na Educação*. 1ed. Uberlândia: EDUFU, 2011, v., p. 253-266.

CARVALHO, A. M. P. *História do LaPEF*. 2015. Disponível em: < <https://lapefísica.wordpress.com/2015/09/05/historia-do-lapef/> >. Acesso em: 30 mai. 2019.

CARVALHO, A. M. P. *Um ensino fundamentado na estrutura da construção do conhecimento científico*. *Revista Schème*, v. 9, Número Especial, 2017. p. 131-158.

CARVALHO, A. M. P. *O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas*. In: CARVALHO, 2013. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P. Entrevista [mai. 2019]. Entrevistador: F. P. Faria. São Paulo: LaPEF – FEUSP. Universidade de São Paulo, 2019a. vídeo. Entrevista concedida para a elaboração da tese.

CARVALHO, A. M. P. *Outorga do título de Professor Emérito: Anna Maria Pessoa de Carvalho*. Apresentação Agnaldo Arroio. São Paulo: FEUSP, 2019b. 31 p.

CARVALHO, A. M. P. et al. *Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências*. *Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas)*, São Paulo, v. 82, p. 85-89, 1992.

CARVALHO, A. M. P. et al. *A história da ciência, a psicogênese e a resolução de problemas na construção do conhecimento em sala de aula*. Revista da Faculdade de Educação (USP), São Paulo, v. 19, n.2, p. 245-256, 1993.

CARVALHO, A. M. P., et al. *Calor e Temperatura - um ensino por investigação*. 1ª. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 146p.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. *Sequências de Ensino Investigativas - Seis: o que os alunos aprendem?*. In: Gionara Tauchen; João Alberto da Silva. (Org.). *Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas*. 1ed. Curitiba: CRV, 2012, p. 1-175.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. *O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa investigações em ensino de ciências*. v1(1), pp.3-19, 1996.

CASTORINA, J. A. *Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas*. Tradução por J. C. A. Abreu. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. 130 p.

CASTRO, A. D. *Piaget e a Didática*. São Paulo, Saraiva, 1974.

CASTRO, R. S. *História e epistemologia de ciência: investigando suas contribuições num curso de física de 2o grau*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação) – Universidade de São Paulo, 1993.

CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. *História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, jan. 1992. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7394>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. *História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, jan. 1992. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7394/6787>>. Acesso em: 03 jan. 2020.

COLL, C. *As contribuições da psicologia genética para a educação: teoria genética e aprendizagem escolar*. In: LEITE, L. B. (org.), MEDEIROS, A. A. *Piaget e a escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 1987, 206 p.

CORTELA B. S. C. *Formação inicial de professores de Física: fatores limitantes e possibilidades de avanços*. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

DIJKSTERHUIS, E. J. *Val en worp: een bijdrage tot de geschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton*. Groningen: Noordhoff. 1924.

DORAN, B.G. *Misconceptions of selected science concepts held by Elementary School students*. *Journal of Research in Science Teaching*, 1972, v. 9, n. 2, p. 127-137.

DRIVER, R. *Student's conceptions and the learning of science*. International Journal of Science Education, 1989, v. 11, Special issue, p.481 – 490.

DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHIE, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madri: Ediciones Morata, 1989.

DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHIE, A. (Eds.). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. 1985.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da física*. Tradução por G. Rebuá. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 237 p.

FARIA, F. P.; BALAN, A. M. O. A.; LINO, A.; SILVA, J. R. N.; SANTOS, T. P.; CAMARGO, P. S. C. *Grupo de Professores de Física Moderna: Avaliação da Formação Continuada Segundo a Investigação de Necessidades Formativas*. In: Sheila Zambello de Pinho; José Brás Barreto de Oliveira.. (Org.). Núcleos de Ensino da UNESP: Artigos 2008. 1ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008, v. 1, p. 527-536.

FARIA, F. P.; LINO, A.; BALAN, A. M. O. A.; SILVA, J. R. N.; SANTOS, T. P. *Grupo de professores de Física Moderna: A importância do ambiente de discussão na formação continuada de professores*. In: Sheila Zambello de Pinho; José Brás Barreto de Oliveira (Org.). Núcleos de Ensino da Unesp: Artigos 2007. 1ed.São Paulo: Editora UNESP, 2007, v. 1, p. 527-539.

FARIA, F. P. *Epistemologia e experimentos nos cadernos de física do currículo do estado de São Paulo*. 2015. 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2015.

FERREIRO, E. *Los hijos del analfabetismo. Propuestas para la alfabetización escolar en América Latina*. Editorial: Siglo XXI México, 1989.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. *Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño*. México: Siglo XXI, 1979.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. *Nuevas perspectivas sobre los procesos de lectura y escritura*. México: Siglo XXI, 1982.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. *Psicogênese da língua escrita*. Tradução de Diana Myriam Lichtenstein et al. Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.

FERREIRO, E. *Palabras iniciales*. In: GONZALEZ, J. A. et al. *No está muerto quien pelea Homenaje a la obra de Rolando V. García Boutique*. p. 17-22. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2019.

FLICK, U. *Uma Introdução à pesquisa qualitativa*. 2.ed. - Porto Alegre: Bookman, 2004.

FONSECA, C. S. *História do ensino industrial no Brasil* (Vol. 1). Rio de Janeiro, RJ: ETN. 1961.

FONSECA, C. S. *História do ensino industrial no Brasil* (Vol. 2). Rio de Janeiro, RJ: ETN. 1962.

FRACALANZA, H. *O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil*. Campinas, 1993. Tese de doutorado. Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas.

FREIRE, P. R. N. *Educação e atualidade brasileira*. São Paulo: Cortez Editora/Instituto Paulo Freire, 1959.

FREIRE, P. R. N. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. R. N. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARCÍA, R. *A la búsqueda de nuevas ...* Discurso en ocasión del homenaje que le hiciera la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. 1999. Disponível em: < https://www.pagina12.com.ar/1999/suple/futuro/99-08-21/nota_a.htm >. Acesso em: 10 mar. 2020.

GARCÍA, R. *El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona, Gedisa, 2000.

GARCÍA, R. *El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias*. Rev. Consejo Nac. Tec. de la Educación, v. 42, México, 1982a.

GARCÍA, R. *Histoire des Sciences Et Psychogenèse*. Áudio do 4e Cours d'étude avancé organisé Par la Fondation Archives Jean Piaget en collaboration avec le Centre International d'Épistémologie Génétique (CIEG). Université de Genève. 21 au 25 Juin, 1982b.

GARCÍA, R. *O conhecimento em construção: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas*. Tradução: Valério Campos. Porto Alegre: Artmed. 2002.

GARCÍA, R. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa, 200 pp, 2006.

GARCÍA, R. *Rolando García: "Hay que hacer un país distinto"*. Nora Bär. *LA NACION*, Buenos Aires: 08 jun. 2003. Disponível em: < <https://www.lanacion.com.ar/opinion/rolando-garcia-br-hay-que-hacer-un-pais-distinto-nid501943> >. Acesso em 15 jan. 2019.

GARCÍA, *Rolando García Boutique*. Direção: Jorge Denti. In: Los Argenmex. [Ciudad de México], 2008. Television Metropolitana, S.A. de C.V. (Canal 22 - México) y Canal Encuentro (Argentina). Disponível para acesso em: < <http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8134/1912?start=> >. Acesso em: 10 Fev. 2020.

GALILEI, G. *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. Buenos Aires, Biblioteca Teoria e História de las ciencias. Editora Losada, 1945. 373p.

GALOIS, E. *Journal de mathématiques pure et appliquées (Journal de Liouville)*, Tome XI, année 1846, p. 419.

GASPAR, A. *Uma nova proposta curricular de física para o ensino de 2º grau*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação) – Universidade de São Paulo, 1983.

GASPAR, A. *Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. Editora Livraria da Física. 2014.

GLASERSFELD, E. V. *Construtivismo: Aspectos Introdutórios*. In: FOSNOT, C.T. (Org). *Construtivismo: Teoria, Perspectivas e Prática Pedagógica..* Porto Alegre: Artmed, 1998, p.19-23.

GLASERSFELD, E. V. Introduction: aspects of constructivism. In: Fosnot C. T. (ed.) *Constructivism: Theory perspectives, and practice*. Teacher College Press: 3–7. 1995. Disponível em: < <http://www.vonglasersfeld.com/180> >. Acesso em: 15 mai. 2019.

GONÇALVES, M. E. R. *O conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação) – Universidade de São Paulo, 1991.

GONÇALVES, M. E. R. *As atividades de conhecimento físico na formação do professor das séries iniciais*. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, 1997.

GONZALEZ, J. A. et al. *No está muerto quien pelea Homenaje a la obra de Rolando V. García Boutique*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2019.

GOODSTEIN, M.; HOWE, A. The use of concrete methods in secondary chemistry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 361-366. 1978.

GRIFFITHS, D. H. *Physics teaching: Does it hinder intellectual development?* *American Journal of Physics* 44:1, 81-85. 1976.

HARRIS, J. LAWSON, A.E. *A comment prompted by “relationships of science subject matter and developmental levels of learners”*. *J. Res. Sci. Teach.*, 13: 569-569. 1976.

HERZOG, Instituto Vladimir Herzog. *A educação brasileira antes de 1964*. Memórias da Ditadura.[s/d]. Disponível em: < http://memoriasdaditadura.org.br/antes-do-golpe/?gclid=EAIaI QobChMIib3Ap4jh 6gIVE4GRCh1W qw88EAAYASAAEgI34fD_BwE >. Acesso em: 05 jul. 2020.

HERRON, J. D. Piaget for chemists: explaining what “good” students cannot understand. *Journal of Chemical Education*, v. 52, p. 146-150, 1975.

HERRON, J. D. Piaget in the classroom. *Journal of Chemical Education*, 55(3), 165-170. 1978.

HEYTING, A. *Evert Willem Beth: in memoriam*, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, VII, 4, 289-295 1966.

HOCHMAN, G. *Reformas, instituições e políticas de saúde no Brasil (1930-1945)*. Educ. rev., Curitiba, n. 25, p. 127-141, Jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S0104-40602005000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 22 Dez. 2019.

HOOYKAAS, R. 'Dijksterhuis, Eduard Jan (1892-1965)', in Biografisch Woordenboek van Nederland. Disponível em: < <http://resources.huuygens.knaw.nl/bwn1880-2000/lemmata/bwn1/dijksterhuis> >. 2013. Acesso em: maio 2020.

INHELDER, B.; GARCÍA, R.; VONÈCHE, J. *Epistemologia Genética e equilíbrio*. Lisboa: Horizonte Universitário. 1978.

INHELDER, B.; PIAGET, J. *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. São Paulo: Pioneira, 1976.

INHELDER, B. *Prefácio*. In: PIAGET, J; GARCÍA, R. *Psicogênese e História das Ciências*. Trad: Gisele Unti. Petropolis, RJ: Vozes, 2011.

INHELDER, B. *Bärbel inhelder*. In G. Lindzey (Ed.), *A history of psychology in autobiography* vol. VIII. (pp. 208-243). Stanford, CA: Standford University Press. 1989.

IZIQUÉ, C.; MARCOLIN, N. *Isaias Raw: Cientista bom de briga*. *Revista Pesquisa Fapesp*. 2005. p 12-17.

JAMMER, M. *Concepts of force. A study in the foundations of dynamics*. Cambridge, Ma.: Harvard University Press, 1957. 269 p.

JOURNAL DE GENÈVE. *Les dix docteurs honoris causa de l'Université*. Genebra, 7 de junho de 1979, p. 15 1979. Disponível em: < https://www.letempsarchives.ch/page/JDG_1979_06_07/15/alina%20szeminska >. Acesso em: 14 de Maio de 2020.

KAMII, C. *A criança e o número*, Campinas - São Paulo: Papirus, 1997.

KAMII, C. *Reinventando a aritmética: implicações da teoria de Piaget*. Campinas., São Paulo: Papirus, 1986.

KAMII, C. *Jogos em grupo na educação infantil: implicações da teoria de Piaget*. São Paulo, Editora Trajetória Cultural, 1991.

KAMII, C.; DEVRIES, R. Piaget for early education. In: DAY, M. C.; PARKER, R. R. (orgs.) *The preschool in action*. 2. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1977.

KAMII, C.; DEVRIES, R. O conhecimento físico na educação pré-escolar – Implicações da teoria de Piaget. Tradução por M. C. Goulart. Porto Alegre: Artes Médicas, 1986. 328 p.

KOLODIY, G.O. *Cognitive development and science teaching*. J. Res. Sci. Teach., 14: 21-26. 1977.

KRAPAS-TEIXEIRA, S. *Estudo das Noções Espontâneas Acerca de Fenômenos Relativos à Luz em Alunos de 11-18 anos*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

KRAPAS-TEIXEIRA, S. *A atribuição de causalidade na construção do conceito de peso*. Tese (Doutorado em Física / Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. (Coleção: Temas básicos de educação e ensino). São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

KRASILCHIK, M. *Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências*. São Paulo em Perspectiva., São Paulo. v. 14, n. 1, p. 85-93, Mar. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392000000100010>.

KUBLI, F. *A psicologia cognitiva de Jean Piaget e suas consequências para o ensino de ciência*. Cadernos sobre o ensino de conceitos em física. São Paulo: USP. 1982, p. 1-22.

KUBLI, F. *Piaget's cognitive psychology and it's consequence for the teaching of science*. European Journal of Science Education. 1979, p. 5-20.

KUSSUDA, S. R. *A escolha profissional de licenciados em física de uma universidade pública*. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

KUSSUDA, S. R. *Um estudo sobre a evasão em um curso de Licenciatura em Física: discursos de ex-alunos e professores*. 2017. 307f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017.

LABURU, C. E. *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LABURU, C. E. *A Construção do Conhecimento em Sala de Aula*. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, 1993.

LABURÚ, Carlos Eduardo. *Fundamentos para um experimento cativante*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 383-405, set. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268/12763>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

LAJONQUIERE, L. *Piaget: Notas para uma Teoria Construtivista da Inteligência*. Psicol. USP, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 131-142, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65641997000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 jan. 2019.

LAPEF. *El tema de la presión* (Ciencias en la enseñanza básica). Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/midiavirtual.htm>>. maio 1998. Acesso em: out. 2019.

LAPEF. *Problema da Pressão* (Ciencias no Ensino Fundamental). Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/midiavirtual.htm>> maio 1998. Acesso em: out. 2019.

LATOUR, B. *Science in Action – How to Follow Scientists & Engineers Through Society*. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

LATOUR, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo. Editora UNESP, 2000.

LAWSON, A. E. RENNER, J. W. *A quantitative analysis of responses to piagetian tasks and its implications for curriculum*. Science Education. 1974.

LAWSON, A. E. KARPLUS, R. *Should theoretical concepts be taught before formal operations?*. Sci. Ed., 61: 123-125. 1977.

LAWSON, A. E.; WOLLMAN, W.T. Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning-an experiment. J. Res. Sci. Teach., 13: 413-430. 1976.

LEITE, S. A. S.; GUIRADO, M. *Pós-graduação: um caso para pensar...* Psicol. cienc. prof., Brasília, v. 7, n. 1, p. 14-18, 1987. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-98931987000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 jan. 2020.

LEME, L. F. *Atratividade do Magistério para a Educação Básica: Estudo com Ingressantes de Cursos Superiores da USP*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LEMKE, J.L. *Talking science. language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

LEMKE, J. L. *Aprender a Hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Espanha: Editora Paidós. 1997.

LIBERMAN, D.; HUDSON, H. Correlation, between logical abilities and success in physics. American Journal of Physics. 47 (9). 1976.

LOPEZ RUPEREZ, F., et al. *Pensamiento formal y rendimiento en física. Analisis de la validez del test de longeat por referencia a tests de rendimiento*. Enseñanza de las Ciencias. 4 (L), p. 36-44. 1986.

LOVELL, K. *A follow-up study of some aspects of the work of Piaget and Inhelder on the child's conception of space*. British Journal of Educational Psychology, 29: 104-117. 1959.

LOVELL, K.; KELLETT, V. L.; MOORHOUSE, E. *The growth of the concept of speed: A comparative study*. Journal of Child Psychology & Psychiatry, 3(2), 101–110. 1962.

LOVELL, K. O desenvolvimento dos conceitos matemáticos e científicos na criança. Tradução por A. B. Simões. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. 134 p.

LYLE, J.K. *A study of formal reasoning in elementary education majors*. Sci. Ed., 61: 153-158. 1977.

MACEDO, L. *Ensaio Construtivistas*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

MACEDO, L. *Ensaio pedagógicos: Como construir uma escola para todos?* Porto Alegre: ArtMed, 2005.

MACEDO, L. *Apresentação à Edição Brasileira*. In: GARCÍA, R. *O conhecimento em construção: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas*. Tradução: Valério Campos. Porto Alegre: Artmed. 2002.

MANIFESTO dos Pioneiros da Educação Nova. *A Reconstrução Educacional do Brasil. Ao Povo e ao Governo*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1932.

MONTOYA, A. O. D. *Conhecimento científico e conhecimento social: dados psicogenéticos para a ação escolar*. In: MONTOYA, A. O. D. (Org), *Contribuições da psicologia para a educação*. p. 89-110. Campinas: Mercado de Letras, 2007. 110 p.

MORAES, L. B. P. *Ciências sociais e intelectualidade: ciência, educação e política*. Educ. Pesqui., São Paulo, v. 42, n. 2, p.395-409, jun. 2016. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022016000200395&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em: 12 ago. 2018.

MOREIRA, M. A. *Resumos de trabalhos do Grupo de Ensino do Instituto de Física da UFRGS (1967-1977)*. Compilado por M.A. Moreira. Publicação interna. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977, 63 p.

MOREIRA, M. *Teorias da aprendizagem*. 1. ed. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. *Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas*. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 1, Março, 2000.

MORI, I.; TADANG, N. *The effect of abnormal speed motion picture films on a child's spatio-temporal recognition. Part I: On the deviation of estimated time of a falling body*. Sci. Ed., 57: 319-324. 1973.

MORI, I., KITAGAWA, O., & TADANG, N. *The effect of religious ideas on a child's conception of time: A comparison of Japanese and Thai Children*. Science Education, 58, 519-522. 1974.

MORI, I.; KOJIMA, M.; DENO, T. *A child's forming the concept of speed*. Sci. Ed., 60: 521-529. 1976.

MORI, I.; KOJIMA, M.; TADANG, N.; *The effect of language on a child's conception of speed: A comparative study on Japanese and thai children*. Sci. Ed., 60: 531-534. 1976.

MORTIMER, E. F. *Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais*. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, 1994.

MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?* In: Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia, Coletânea, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Serra Negra, São Paulo, p. 56-74. 1995.

MUNARI, A. *Jean Piaget (1896-1980)*. Perspectives: Revue Trimestrielle d'éducation comparée (Paris, UNESCO: Bureau international d'éducation), v. XXIV, n° 1-2, 1994, p. 321-337.

MUNARI, A. *Jean Piaget (Coleção Educadores)*. Tradução e organização: Daniele Saheb. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010. 156 p.

NAGLE, Jorge. *Educação e sociedade na Primeira República*. São Paulo: EPU- Rio de Janeiro, MEC, 1974.

NARDI, R. *Um estudo psicogenético das ideias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito*. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 1990. 292 p.

NARDI, R. *Campo de força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito*. Textos. Investigações para o ensino de Ciências. Número 5. Coordenadoria de Comunicação Social. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. 159p. 1991.

NARDI, R. *História da Ciência x Aprendizagem: Algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de Campo de Força*. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 1, p. 101-106. 1994.

NARDI, R. *Memórias da Educação em ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de Física*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

NARDI, R. *A área de ensino de Ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros*. Bauru:[s.n.]. 166 f. Tese (Livre-docência). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, 2005.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. *Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências*. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v.6, n.2, p.115-144, Dec. 2004. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172004000200115&lng=en&nrm=iso >. Acesso em 10 jul. 2018.

NARDI, R.; CORTELA, B. S. C. *Formação inicial de professores de física: novas diretrizes, antigas contradições..* In: Roberto Nardi; Beatriz S.C.Cortela. (Org.). *Formação inicial de professores de física: novas diretrizes, antigas contradições*. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016, v. , p. 7-46.

NOVAK, J.D. *An alternative to piagetian psychology for science and mathematics education*. Sci. Ed., 61: 453-477. 1977.

OLIVEIRA, C. M. A. *Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências*. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2009.

PAIVA, J. R. *Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos*. Dissertação (Mestrado em Física) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2010.

PAIVA, J. R. *Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar*. Tese (Doutorado) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2015.

PARRAT-DAYAN, S. *Psicologia de Piaget Aplicada à Educação: Como Isto Funciona?* Revista Escritos sobre Educação. v. 2, n. 2, p. 33-42, 2003.

PARRAT-DAYAN, S.; TRYPHON, A. *Introdução*. In: PARRAT-DAYAN, S.; TRYPHON, A. (Orgs). *Jean Piaget: Sobre a Pedagogia*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998, p. 7-23.

PENTEADO, J. A. *A consciência didática no pensamento pedagógico de Rui Barbosa*. São Paulo: Companhia Nacional, 1984. 150 p.

PERUZZO, C. M. K. *La investigación científica: epistemología y marco conceptual en Rolando García*. p. 189-208. In: GONZALEZ, J. A. et al. *No está muerto quien pelea Homenaje a la obra de Rolando V. García Boutigue*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2019.

PIAGET, J. 1926. *La représentation du monde chez l'enfant ...* Paris: F. Alcan. (2e éd. 1938 chez le même éditeur; 3e éd. Paris: Presses univ. de France, 1947; 4e éd. 1972; 5e éd. 1976; 6e éd. 1991). Une nouvelle édition de cet ouvrage est parue dans la collection Quadrige (PUF) en 2003.

PIAGET, J. *La Psychologie de l'intelligence*. Paris: Colin, 1943.

PIAGET, J. *Le développement de la notion du temps chez le enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 1946a.

PIAGET, J. *Le notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 1946b.

PIAGET, J. *La psychologie de l'intelligence* (Collection Armand Colin). Un vol. 212 p. Paris, Colin, 1947.

PIAGET, J. *A Psicologia da Inteligência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1958.

PIAGET, J. *Six Études de Psychologie*. Genève: Gonthier, 1964.

PIAGET, J. *Seis Estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1967.

- PIAGET, J.; INHELDER, B. *La Psychologie de l'Enfant*. Paris: PUF, 1966.
- PIAGET, J. *A Psicologia da Criança*. São Paulo: Difel, 1968.
- PIAGET, J. *Psychologie et Pedagogie*. Paris: Denoël, 1969.
- PIAGET, J. *Psicologia e pedagogia*. 6. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.
- PIAGET, J. *Où va l'éducation?*. Paris: Denoël/Gonthier, 1972. 133p.
- PIAGET, J. *Introduction a l'Épistémologie Génétique: La pensée physique*. Paris: PUF, 1950.
- PIAGET, J. *A construção do real na criança*. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.
- PIAGET, J. *L'équilibration des structures cognitives - Problème central du développement*. Paris: Presses Universitaires de France, 1975.
- PIAGET, J. *A Equilibração das Estruturas Cognitivas - Problema Central do Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.
- PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo: EDUSP. 1978a.
- PIAGET, J. *Fazer e compreender*. São Paulo: EDUSP. 1978b.
- PIAGET, J. *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- PIAGET, J. *Jean Piaget: Sobre a Pedagogia*. (Introd. Silvia Parrat-Dayán e Anastasia Tryphon). São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.
- PIAGET, J. *Jean Piaget: De la pédagogie*. (Introd. Silvia Parrat-Dayán et Anastasia Tryphon). - Paris: Odile Jacob. 1998.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. *Le développement des quantités physiques chez l'enfant: conservation et Atomisme*. Neuchâtel: Delachaux et Nestlé, 1941.
- PIAGET, J. INHELDER, B. *O desenvolvimento das quantidades físicas na Criança: Conservação e Atomismo*. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- PIAGET, J.; GARCÍA, R. *Les explications causales*. Paris, P.U.F., 1971.
- PIAGET, J e GARCÍA, R. *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral Editores. 1973.
- PIAGET, J.; GARCÍA, R. *Psychogenese et histoire des sciences*. Paris: Flammarion. 1983.
- PIAGET, J; GARCÍA, R. *Psicogênese e História das Ciências*. Trad: Gisele Unti. Petropolis, RJ: Vozes, 2011.

PIAGET, J.; GARCÍA, R. *Hacia una lógica de significaciones*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 1988.

PIAGET, J.; GARCÍA, R. *Vers une logique de significations*. 1987.

PIAGET, J.; FELLER, Y.; MCNEAR, E. *Essai sur la perception des vitesses chez l'enfant et chez l'adult*. *Archives de Psychologie*, 36, 253–327. 1958.

PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. *La genese du nombre chez l'enfant*. Paris: Delachaux, 1941. 308 p.

QUEIROZ, G. P. *Flutuação dos corpos*. Publicação interna. UFF. 1987.

RENNER, J. W.; LAWSON, A. E. *Promoting Intellectual Development Through Science Teaching*. *Physics Teacher*, 11, 5, 273-276, May. 1973.

RODRIGUES, I. G.; HAMBURGER, E. W. *O “Grupo de Ensino” do IFUSP: histórico e atividades*. Instituto de Física. Universidade de São Paulo. Publicações. IFUSP/P-1035, Março/1993.

SAAD, F. D. et al. *Física Auto-Instrutivo (FAI) – Texto programado para o 2º grau – Manual do Professor*. Edição Saraiva. São Paulo. 1973.

SÃO PAULO. Lei nº 1.750, de 8 de dezembro de 1920. Assembleia legislativa do estado de São Paulo, 1920. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1920/lei-1750-08.12.1920.html>>. Acesso em: Outubro 2019.

SÃO PAULO. Decreto nº 3.356, de 31 de maio de 1921. Assembleia legislativa do estado de São Paulo, 1921. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1921/decreto-3356-31.05.1921.html>>. Acesso em: outubro 2019.

SAVIANI, Dermeval. *Educação brasileira: estrutura e sistema*. São Paulo: Editora Saraiva, 1973.

SAVIANI, D. *Escola e democracia: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre a educação política*. 17ª ed. Campinas, São Paulo, Autores Associados, 1987.

SAVIANI, D. *As Concepções pedagógicas na História da Educação Brasileira*. Apresentado na sessão de Comunicações em História da Educação do HISTEDBR, na Faculdade de Educação – UNICAMP, em 25/agosto/2005.

SCHENBERG, M. *Pensando a física*. São Paulo: Brasiliense, 1984. 148 p.

SIEGEL, B. D.; RAVEN, R. *The effects of manipulation on the acquisition of the compensatory concepts of speed, force, and work*. *J. Res. Sci. Teach.*, 8: 373-378. 1971.

SILVA, D. *Um estudo psicogenético da velocidade angular e a construção de seu ensino*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). 1989.

SILVA, D. *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. Tese (Doutorado em Educação). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). 1995.

SILVA, D. *O ensino Construtivista da Velocidade Angular*. Textos – Pesquisa para o ensino de ciências. Universidade de São Paulo. 1990.

SIMÕES, A. A. *As metas de universalização da Educação Básica no Plano Nacional de Educação: o desafio do acesso e a evasão dos jovens de famílias de baixa renda no Brasil*. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2016.

SHAYER, M. ADEY, P. *Towards a science of science teaching*. London: Heinemann Educational Books, 1981.

SOUZA, L. S. *Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências*. Tese (Doutorado Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2010.

TEIXEIRA, O. P. B. *Desenvolvimento do conceito de velocidade: um estudo a partir de questões típicas da sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

TEIXEIRA, O. P. B. *Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual*. Tese (Doutorado em Física / Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

TRIVELATO, G. *Conservação e modelo corpuscular: um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria*. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). 1989.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*. American Journal of Physics 48, 1020. 1980.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. *Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension*. American Journal of Physics 49, 1020. 1981.

TOLMASQUIM et al. *Repertório dos cientistas perseguidos durante a ditadura militar*. Ciência na Ditadura. Disponível em: < http://site.mast.br/ciencia_na_ditadura/index.html >. 2014.

VALLE FILHO, M. R. *Estudo psicogenético da noção de centro de massa: uma contribuição para o ensino da Física*. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). 1989.

VANNUCCHI, A. I. *História e filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Física / Educação) – Universidade de São Paulo, 1997.

VASCONCELOS, M. S. *A Difusão das Ideias de Piaget no Brasil*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1996.

VIENNOT, L. *Spontaneous reasoning in elementary dynamics*. *European Journal of Science Education*, v. 1, n. 2, p. 205-222. 1979.

WATTS, D.; ZYLBERSZTAJN, A. *A survey of some children's ideas about force*. *Physics Education*, v. 15, p. 360 – 365. 1981.

WEREBE, M. J. G. *Grandezas e Misérias do Ensino Brasileiro*. [S.l.]: [s.n.], 1966. BRASIL, 1996.

APÊNDICE I – Entrevista: Anna Maria Pessoa de Carvalho

Data: 24 de Maio de 2019

Local: Sala do LaPEF – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo/SP.

Entrevistador: *Prof. Anna, obrigado por nos receber! Eu o Prof. Carbone trabalhamos em uma tese sobre o Ensino de Física no Brasil, suas origens e sobre suas influências. Em nossa leitura prévia observamos uma influência dos trabalhos de Jean Piaget e Rolando García. Fizemos uma análise de alguns textos escritos pela Sra. e extraímos alguns elementos dos textos para conversarmos nessa tarde. Então, por vezes, eu vou citar um livro ou artigo da Sra. e fazer algumas perguntas sobre essas questões abordadas nos textos.*

O primeiro livro que eu cito (não é exatamente o primeiro em ordem cronológica), mas se trata de um que eu acho que daria uma ideia geral para os rumos da nossa conversa, é o texto “Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências”, de 1992, no qual a Sra. afirma:

[...] Grupos internacionais e Nacionais estudavam a questão da mudança conceitual e davam bastante ênfase à História e Filosofia das Ciências. Alguns tomavam como base teorias psicogenéticas diferentes (Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky) para responder a questão: “Como o sujeito constrói o seu conhecimento?” (CARVALHO, 1992).

Ainda no texto, é dito que o grupo optou pela Epistemologia Genética para responder a questão acima. O que fundamentou tal a escolha (motivações, elementos etc.)?

Anna Maria Pessoa de Carvalho: Olha, eu tive muita influência da minha orientadora que era Piagetiana. Então, de Piaget eu conhecia bastante; eu acreditava, eu lia, eu conhecia os trabalhos de Piaget e me sentia mais forte nos trabalhos de Piaget do que nos outros autores. O Marco Antônio Moreira trabalhava com Ausubel que é mais ou menos [pausa], tem uma linha que não é Piagetiana, mas não foge muito. Mas, Dona Amélia Domingues de Castro¹, que foi minha orientadora de doutorado, era Piagetiana; no meu curso de Pós-graduação, nós estudamos bastante Piaget e eu me sentia mais forte nessa teoria. E eu gostava, acreditava, era uma teoria muito forte pra mim.

Entrevistador: *Outro trecho que eu destaco desse artigo é o seguinte: “[...] pesquisas em conceitos alternativos desequilibraram nosso grupo [...]”. A Sra. pode descrever esse desequilíbrio vivido na época?*

Anna Maria: Sim! Era porque o “conceito alternativo” em Ciências, em Física principalmente, foi muito forte. A discussão sobre conceitos alternativos foi muito forte; teve muitas teses, a Viennot² veio a São Paulo e eles não eram Piagetianos, eles na verdade não davam fundamentação teórica nenhuma. Certo? Hoje, eu acho que eles tinham uma fundamentação teórica. Eu acho que eles tinham, quer dizer, é bobagem, porque eles podiam mostrar! Mas eles não mostravam fundamentação teórica. Mas eles mostravam dados muito importantes, quer

1 A carioca Amélia Americano Franco Domingues de Castro nasceu em 1920, graduou-se em História e Geografia na USP e mais tarde, se formou também em Filosofia. Trabalhou 50 anos como professora orientando inúmeros trabalhos na área de Educação, entre eles, a tese de doutorado da Prof.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho (CASTRO, 2008).

2 Laurence Viennot, autora de “Spontaneous reasoning in elementary dynamics” (1979).

dizer: quando você faz uma pesquisa que você vê que alunos da faculdade tem conceitos espontâneos de força, você desequilibra. Então desequilibrou: “pra onde nós vamos?”. Apesar do grupo que sempre me fez não aceitar muito (quer dizer: aceitar a gente tem que aceitar, porque os dados estavam ali), mas não aceitar como pesquisa porque eu não via o referencial teórico. Nunca me mostraram, nunca discutiram. Nos livros que eu tenho sobre conceitos espontâneos (eu estudei bastante conceitos espontâneos). Deve estar por aqui o livro da Guesne [pausa] Driver, Guesne e Tiberghien ³ que fizeram os conceitos espontâneos de todos os temas da Física, mas só tem dados, não tem referencial teórico nenhum. Isso me deixava, como vou dizer, sem vontade de abraçar aquilo porque eu sou muito teórica; eu gosto dos dados mas gosto da teoria também.

Entrevistador: *Na sequência desse trecho no artigo tem o seguinte:*

História e Filosofia das Ciências não só nos trouxeram explicações necessárias para entendermos o fenômeno da resistência desses conceitos ao ensino em sala de aula, mas também nos reequilibraram, mostrando caminhos para, juntamente com a teoria Piagetiana, planejarmos um ensino visando uma mudança do conceito espontâneo para o conceito científico (CARVALHO, 1992).

Foi isso que os trouxe novamente ao eixo [...] que proporcionou essa reequilíbrio que a Sra. diz?

Anna Maria: É reequilíbrio. Tem um artigo muito bom (Não me lembro o nome do artigo, mas ele fez sucesso naquela época) [pausa] artigo tão celebre, em que ele mostra que [pausa] engraçado, porque o autor não quer ser piagetiano, mas é piagetiano. Então ele pega a desequilíbrio do Piaget e discute a desequilíbrio do conceito espontâneo. Mas ele modifica um pouco para dizer que não é Piaget. Foi um artigo muito importante que trouxe muitas pesquisas na área de conceito espontâneo.

Entrevistador: *No texto em questão, são citados dois livros em relação a essa compreensão que a análise da História e a Filosofia da Ciência proporcionaram. São duas obras produzidas por essa parceria que comentamos no início, entre Jean Piaget e Rolando García: “As explicações causais” (1971) e “Psicogênese e História das Ciências” (1983). De que forma esses textos serviram para a compreensão do grupo em relação ao problema da construção do conhecimento?*

Anna Maria: São textos maravilhosos (Não sei se você já leu; eu tenho eles aqui no laboratório!). Você precisa ver, fazendo um parênteses, que grupo de pós-graduação é uma coisa muito maleável, porque você está estudando pra burro, você sai, entra um que não sabe nada. É fluido. Então o grupo naquela época quem estava aqui era o Nardi (Roberto Nardi). Foi ele quem me trouxe e me deu de presente o livro “Psicogênese e História das Ciências”. Depois o Nardi sai e entra outro. Então é difícil trabalhar como um grupo, porque o grupo varia muito (Teu orientador deve saber disso; é complicado!).

A influência foi principalmente do García. Quer dizer, foi mais ou menos. Quando foi na época mais ou menos que eu fiz aquele evento, um centenário do Piaget. Eu fiz um grande evento no Brasil, aqui em São Paulo, que eu coordenei. Eu e o Prof. Lino de Macedo (da psicologia) coordenamos um encontro pra discutir em homenagem. E nesse encontro, nós convidamos o Prof. Rolando García. Ele veio falar num encontro de homenagem pra Piaget e deu um curso aqui pra nós sobre a Psicogênese da Ciência. O que foi maravilhoso! Isto

³ Acreditamos que a Prof. Anna se refira ao livro: “*Children's ideas in Science*” (1985) organizado por Rosalind Driver, Edith Guesne e Andrée Tiberghien,

nos deu [...] todo mundo estava nessa ideia de estudar não o conceito espontâneo, mas de estudar as raízes de como nasceram os conceitos.

Daí, foi a influência de nós procurarmos ver como os conceitos de Física, de um lado, como ele nasceu na História da Ciência e, de outro, como a Psicogênese desses conceitos em alunos. Piaget não trabalhava com alunos, trabalhava com indivíduos. Nós trabalhamos com alunos, de sala de aula, fazíamos entrevistas, sobre esse conceito. Isto foi muito importante.

Então, de um lado foi a minha tese de Livre-docência que eu fiz sobre quantidade de movimento, fiz a parte histórica de quantidade de movimento pra mostrar que o conceito espontâneo de força ficava na minha cabeça mostrar que não nasceu força, nasceu quantidade de movimento. Mesmo Newton, falava em força, mas, pra ele, era variação da quantidade de movimento. A criança, e eu fiz entrevistas com adolescentes de 11-12 até 16 anos, no 3º colegial, pra ver como é que eles explicavam o fenômeno de Newton ((Pêndulo de Newton)), e era “ $m.v$ ” ((quantidade de movimento)). Ninguém falava em aceleração.

Com isso, nosso grupo passou a estudar a psicogênese dos conceitos físicos. Ali ((apontando para a parede numa ilustração em um quadro)) está o que era de “campo”, do Nardi, que estava estudando a noção de “campo”. Outro estudou a velocidade, outro estudou a aceleração. Aceleração foi uma coisa muito interessante, porque foi difícil, mesmo na ciência. Quem é que estudou aceleração? Eu trouxe o nome aqui das pessoas, senão eu vou esquecer o nome ((procura na relação de teses e dissertações)). Um orientando estudou o conceito de aceleração: a parte história e depois a psicogênese. E foi muito difícil! Porque o aluno que saía da aula de física não conseguia ver a aceleração no movimento. [pausa] Foi um mestrado tão bonito! ((continua procurando)) Laburu! Carlos Eduardo Laburu, que está na U.E.L (Universidade Estadual de Londrina). A dissertação dele foi muito bonita (a dissertação de mestrado foi mais bonita do que a tese!), porque ele procurou e viu que aluno que fazia os cálculos e tudo, quando chegava no experimento via a variação de velocidade, mas não via o tempo. Então não via a aceleração. O tempo foi uma coisa difícil de os alunos verem a variação do tempo nos experimentos de física. Isso nós vimos em vários experimentos.

Entrevistador: *Então cada aluno focou em um conceito; na gênese de um conceito associada à história do conhecimento?*

Anna Maria: Isso!

Entrevistador: *É possível dizer então, que nessa época (com o grupo desenvolvendo os trabalhos dos diferentes conceitos) havia um sentimento de novidade em relação à tese de Piaget e García?*

Anna Maria: De novidade não. Mas de aprofundamento da tese de Piaget e García. Porque eles fizeram de algumas velocidades, mas não com conceitos que se davam na escola. Nós estávamos muito preocupados com a escola, com o ensino. Então, nós fizemos.

Também teve um de química, o Gilmar (Gilmar da Silva Trivelato) “*Conservação e modelo corpuscular: Um estudo transversal das explicações dos estudantes da transformação da matéria*” (1989) ... Mestrado também (Eu gosto de trabalhar com Mestrado, eles são mais obedientes!).

Entrevistador: *Só para constar no registro em relação a essas obras: Foi lida uma tradução ou foram lidos os originais?*

Anna Maria: Eu já li a tradução. O Nardi até que me trouxe a tradução [pausa] (Tradução ou em espanhol? [pausa] agora não me lembro!). O outro livro (“*As explicações causais*”) só tem em espanhol, nunca foi traduzido para o Português. Eu tenho uma cópia em espanhol, não tenho o livro real.

Entrevistador: *Vou agora partir para um outro artigo de 1992 (“Pressupostos Epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências”)* (CARVALHO et al., 1992).

Anna Maria: Se eu soubesse eu teria relido esses artigos!

Entrevistador: *Sem problemas. Eu fiz uma compilação com esses textos da Sra. pra poder elaborar as perguntas. Nesse artigo, para o problema de “Como o conhecimento é construído?” a referência utilizada era a Teoria da equilíbrio Piagetiana (“O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio de estruturas cognitivas”, 1977). Piaget escreve esse texto em 1975. Os pesquisadores (Ensino de Física) no Brasil vão assimilar essa perspectiva quando? A Sra. pode descrever como ela chegou por aqui, e quais eram o contexto e as discussões sobre o assunto?*

Anna Maria: Olha, eu não sei não! [pausa] Porque quando eu estudei isso, eu estudei pelo caminho da Dona Amélia que discutia com a gente. Dona Amélia era de formação de geografia mas ela estava na faculdade de educação há muitos anos, trabalhando. Então era mais pedagoga, psicóloga, estudando Piaget. Então de conteúdo ela não conhecia nada.

E eu nunca encontrei - trabalhava muito com o Lino, mas o Lino era psicólogo. Então de conteúdo era eu comigo mesma. Eu não tinha uma pessoa pra eu discutir por que o grupo da Física com que eu trabalhava na Pós-graduação interdisciplinar era todo dirigido por conceito espontâneo. Lá só eu era piagetiana, então eu não tinha muito com quem discutir. Eu discutia com meus orientandos que estavam começando, que não sabiam nada; o que eu falasse era [...] então não era, assim, uma discussão. Isso é muito complicado. E naquela época era uma época que todo mundo não gostava do Piaget. Não gostavam.

Esse artigo que você cita, não devia ser de uma revista da área de ensino de Física, porque na área de ensino de Física não podia por Piaget ((risos!)). Hoje você já pode por! Naquela época a relação do conceito espontâneo era tão forte que não gostavam muito do Piaget não. Então eu escrevia nos cadernos da Fundação Carlos Chagas. A gente escrevia em outros lugares quando queria falar mais do Piaget.

Entrevistador: *Posso dizer então que a Sra. fez escola nesse caminho?*

Anna Maria: Fiz? [pausa] Não sei! Não sinto muito. Eu fiz com meus orientandos aqui. Mas escola seria outros lá fazerem, mas não vi muito não.

Entrevistador: *Nesse texto ainda é dito que: “[...] para se construírem atividades de ensino baseadas na teoria da equilíbrio, deve-se levar em conta que as perturbações podem ser de dois tipos: conflitivas ou lacunares”* (CARVALHO et al., 1992).

Anna Maria: Eu sei. É um (artigo) que eu escrevo com um orientando, nos cadernos lá da Fundação Carlos Chagas. Eu escrevo com um orientando que era muito bom. Foi muito bom e é muito bom! Com o Eduardo Mortimer. As vezes vinha um orientando de doutorado já muito bom. E ele conhecia muito Piaget também e nós escrevemos isso. Lacunares e conflitivas. E daí eu explico no texto como é que era lacunar e como era conflitiva dentro do conteúdo de calor e temperatura.

Entrevistador: *Esse entendimento foi levado em conta para a elaboração das atividades desenvolvidas pelo LaPEF?*

Anna Maria: Não muito porque quando nós começamos a desenvolver as atividades, era também baseado no Piaget mas era baseado na teoria do Piaget de modo geral. E era para o ensino fundamental I, porque a pessoa que veio fazer, a Maria ((pesquisa na relação de trabalhos)) Maria Elisa Resende Gonçalves, que fez as primeiras atividades, pras primeiras séries do primeiro grau, hoje ensino fundamental I. Ela tem um capítulo inteiro do Piaget, do García e tudo, mas [pausa]. Foi muito interessante: ela entrou querendo saber (ela que dava aula pra “normal”⁴). Ela entrou querendo saber que Física dava para as professoras normalistas que tinham um ano só de ciências, de física e tinha que ensinar quatro anos, e nós fomos fazer uma revisão bibliográfica.

A revisão bibliográfica era uma confusão. Cada autor dizia que devia dar isso ou aquilo, mas nenhum autor dava uma justificativa que nos convencesse. Então um dia numa discussão grande aqui no laboratório, com todo mundo, alguém disse: “E os alunos? O que sabem? Você, a professora vai dar aula para os alunos e os alunos aprendem o que?”. Aí nós abrimos a boca: “O que o aluno aprende?” E começamos a pensar nos alunos. E foi muito interessante!

O mestrado dela abriu caminho para um mundo de pesquisas. A partir do trabalho dela nós começamos a fazer pesquisas com alunos: “como é que ele entende?”. Vimos uma coisa muito importante. Eu ainda não escrevi ainda, mas tá “coçando”[pausa]. Mas eu quero alguém mais jovem (quem sabe você!). Mais jovem, mais entendido de Piaget, porque o Piaget diz que raciocínio lógico só a partir dos 12-13 anos: que bobagem! Quer dizer, falar bobagem do Piaget é bobagem minha! Mas quem sabe, em entrevista sozinho, a pessoa sozinha não vá. Mas em sala de aula, com o grupo dos alunos, nós temos dados, muitos dados, que aos 8-9 anos os alunos [pausa] dados no mestrado do [...] ((procura na relação de trabalho)) que mostra que os alunos fazem: “Se, então, portanto...”. Perfeitamente, raciocínio lógico e raciocínio proporcional.

Entrevistador: *Isso com 8-9 anos?*

Anna Maria: 8, 9, 10 (anos) [...] primeiro ano, segundo ano ((procura novamente na relação de trabalhos)). Mas é uma dissertação de Mestrado, muito importante, muito boa. Das quinze atividades que nos fizemos, ele pegou

⁴ Ensino “Normal” era a designação ao curso de segundo grau volta à formação de professores habilitados a lecionar no ensino elementar.

essas quinze aulas inteiras e analisou e mostrou o raciocínio dos alunos. Quer dizer, quando estão em grupo (então vem Vygostky todo aí!), quando estão em grupo e trabalhando em conjunto eles fazem sim o raciocínio lógico e o raciocínio proporcional.

Entrevistador: *No texto anterior, inclusive (eu pulei, sem querer, essa pergunta!), não há uma citação à psicogênese, história da ciência, mas há uma importância atribuída ao paralelo, História da Ciência e gênese dos Conceitos, que nos leva a observar uma importante influência; há de fato uma influência nesse sentido?*

Anna Maria: Eu não quis falar com todas as letras porque o próprio Piaget e García dizem que não há, né? Então eu dizer que há, é muito [...] - quem sou eu? – eu não sei, se eles falam que não há, não há uma resolução; e nesse artigo, não é a união dessas três: são três linhas que o nosso grupo estava trabalhando, em psicogênese, em história da Ciência e em resolução de problemas.

Entrevistador: *Então sobre outro artigo (“A História da Ciência, a psicogênese e a resolução de problemas na construção do conhecimento em sala de aula”) (1993) tem um trecho que eu selecionei:*

A epistemologia genética é utilizada por nosso grupo na busca das explicações e das hipóteses de ensino. Entendemos que a relevância da Teoria de Piaget para a Didática das Ciências, não impede, mas permite e até exige a abertura para outras teorias que possam esclarecer problemas comuns. Castro (1992) mostra que essa teoria não constitui barreira ou muralha, mas ao contrário, indica ao pesquisador muitos caminhos interdisciplinares (Carvalho et. al, 1993).

O que a senhora acha que [...] a que fatores se devem esse caráter interdisciplinar da teoria Piagetiana?

Anna Maria: Eu acho que [pausa] posso, quer dizer, a história é muito mais; a ênfase desse artigo não é no final, é no meio, certo? Porque nesse tempo, nessa época existia uma luta ideológica entre o Piaget e o Vygotsky (alguns eram piagetianos e não suportavam vygostskyanos, e outros eram vygostskyanos e diziam que Piaget não valia nada). Então, mesmo aqui na universidade era muito - e acho que aqui na universidade era mais forte essa luta ideológica.

Então, e eu querendo misturar tudo (porque sala de aula você tem tudo!). Eu querendo misturar Piaget, Vygotsky e tudo. Então, esse parágrafo é mais no sentido de dizer: olha, não é bem assim; não é piagetiano; pode também abrir para outras frentes. Daí eu consegui esse Castro (1992). É difícil a gente conseguir alguém que já falou o que você quer falar para por ali, né? Esse Castro que me deu uma direção, mostrou que não era só eu que falava desse jeito, que podia interagir tudo. E o Piaget acho que também (pelo que eu conheço, pelo que eu li sobre ele, ele era completamente aberto!).

Aqui na faculdade é que era muito fechado; e no instituto de psicologia também eram muito separadas as duas coisas.

Entrevistador: *No texto é apontado que os resultados das pesquisas psicogenéticas serviam de orientação para elaboração de atividades em sala de aula. A Sra. pode falar um pouco sobre como ocorria essa transição da pesquisa psicogenética para a sala de aula?*

Anna Maria: Posso. Mas nunca nós fizemos pesquisa [...] quer dizer, nós fizemos a de campo, a de quantidade de movimento, a do Laburu de aceleração, do Gilmar, do Zé Trivelato (“*Noção de concepção de criança e adolescente sobre decompositores, fungos e bactérias*”, 1993) e nós estávamos começando a preparar justamente o Doutorado do Zé Trivelato para ver como é que ía; porque eu não estava em sala de aula. O Nardi não estava em sala de aula de segundo grau, de grau médio, então precisava; e o José Trivelato estava em sala de aula. Então ele poderia; ele fez a psicogênese: o trabalho da Concepção das crianças (a gente nem chamava de psicogênese: a gente chamava as “*noções e concepções da criança e do adolescente sobre decompositores*”).

Então não queríamos usar esse termo que era muito forte. Porque a gente não trabalha, como Piaget trabalha, com indivíduos. Nós íamos para sala de aula e escolhia quem pode (a gente queria gravar, então tinha que ver qual a mãe que deixa gravar), sabe? Tem toda essa parte burocrática que eu não podia sortear o aluno. Eu ia na classe; quem quisesse fazer, que pudesse ser gravado. Toda essa posição que a parte metodológica não dá a mesma garantia de um sorteio. Então a gente não usava quase o termo psicogênese, e eu mais como escrevia, escrevia psicogênese, mas eu não deixava meus alunos escreverem: eles não iam tomar porrada não!

Entrevistador: *O trabalho do Nardi tem isso no nome: “Estudo Psicogenético”.*

Anna Maria: É! Mas também foi um dos primeiros. Também tomou na hora! Então os próximos, eu já [pausa] vamos ver “estudo do comportamento, das noções [...]”. E o Nardi era mais velho, né? Ele sabia [pausa], quando ele veio, já veio do doutorado: ele sabia se defender! Bom, [pausa longa] quando ele foi fazer o doutorado, ele entrou com esse projeto. A banca era toda de conteúdo, de conceito espontâneo, e daí breiou: ele quase não entra no doutorado! Ele precisou mudar o projeto para poder entrar, porque a banca que era um dos [pausa] (bom, não vou dizer quem era, vai!), que era muito mais fortemente ligada a corrente dos conceitos espontâneos (porque tem isso na universidade – eu achava uma idiotice, achava uma bobagem isso!). E eu sei que, quando ele saiu [...] que mudou, que entrou no doutorado, ele não quis fazer.

Entrevistador: O Gilmar?

Anna Maria: Não, o José Trivelato Júnior. Ele não quis fazer ... o Gilmar só fez o mestrado, depois ele não fez o doutorado comigo. Ele não quis fazer e eu fiquei sem um orientando (porque você depende de orientando), sem um orientando que pesquisasse isso. Então eu nunca testei essa passagem.

Entrevistador: *Sobre as pesquisas elaboradas pelo grupo de pesquisa, tem alguns trechos também que eu vou ler para a senhora:*

O planejamento dessas atividades tomando como referência a pesquisa psicogenética, que indica o mecanismo de assimilação pelo qual a criança chega a tais construções (García, 1982), nos mostrou ser um caminho seguro para criar situações adequadas para favorecer o desenvolvimento conceitual de nossos alunos (CARVALHO et. al, 1993).

Anna Maria: Daí quando começou uma discussão – foi justamento com o Trivelato – entrou e que deu todo esse problema, eu mudei. Eu disse: “eu não vou ficar numa linha que prejudique os meus orientandos.” Então, começamos ver, e começamos a pensar, não na psicogênese de cada conceito, mas na estrutura do conhecimento, certo? A estrutura lógica, a estrutura de composição de pensamento; como é que ele podia entender isso? E nós demos uma viradinha: eu não posso ir numa linha que seja [...] Qualquer banca, eu tenho que fazer cinco pessoas sendo dois da faculdade, eu não posso ir contra todo o meu grupo; um grupo grande que trabalha em ensino de ciências.

Entrevistador: *Nesse artigo ainda é ratificado o papel da História das Ciências como facilitadora e aproximadora entre aluno e conhecimento científico. A Sra. acredita que há um consenso na pesquisa em ensino de Física a esse respeito?*

Anna Maria: Olha [pausa], eu não sei se há consenso. Há um grupo hoje muito forte no instituto estudando a história da ciência e ensino (no Instituto de física). Há um grupo novo de um professor bem novo; ele até me mandou um e-mail há pouco tempo que ia ter um [pausa longa]. Tem um grupo grande que está estudando.

Mas eu fiz duas pesquisas muito bonitas, em mestrado também, que nós publicamos internacionalmente de história da ciência e ensino, que foram muito citadas até hoje. Foram publicadas na Science Education: é da ((procura na relação de trabalhos)) Ruth Schmitz de Castro: “*História e epistemologia da ciência – investigando suas contribuições para um curso de física no segundo grau*” e da Andreia (Andréa Infantsi Vannucchi): “*História e filosofia da ciência da teoria para a sala de aula*”. Um é 97 o outro é 96. Essas duas pesquisas foram muito boas e mostraram como os alunos entendem e discutem os textos de história da ciência.

Entrevistador: *Eu vou voltar agora no tempo: eu vou para um artigo de 83, que eu achei que o tema encaixava melhor depois aqui: “Piaget e o Ensino de Ciências” (no texto a senhora fala que é uma palestra para um grupo de químicos, de ensino de química, se eu não me engano). No texto, se referindo às pesquisas realizadas pelo grupo de Jean Piaget, a Sra. se indaga o seguinte a respeito de características dos sujeitos observados por eles: “[...] clientela de Piaget, será a nossa igual?” (CARVALHO, 1983).*

Anna Maria: A nossa não é igual. De jeito nenhum! Ele pegava indivíduos, sem se preocupar com escola. Ele diz: Não, ... escola ensina, mas não ensina ... ele tem naquele sobre educação, não sei se você leu?

Entrevistador: *Sobre a pedagogia?*

Anna Maria: Sobre a pedagogia. Quase que diz a escola não ensina nada. Mas não fala isso, porque ele estava como [...] ele era representante da Unesco, né? Mas ele pega indivíduos por idade e nós pegamos alunos em sala de aula. Então, não é, de jeito nenhum, igual. Nós pegamos alunos do segundo, do terceiro, do quarto ano, quer dizer, nós estávamos interessados dentro da sala de aula. Não é igual.

Entrevistador: *Em relação à clientela do grupo aqui de pesquisa, de forma geral, nas pesquisas psicogenéticas realizadas aqui, pelo grupo, o que se percebeu em relação à clientela? ((explicando melhor)): A primeira*

pergunta era se algum esforço do grupo de pesquisa foi direcionado nesse sentido (então, pelo contexto da sua resposta, eu já imaginei que sim, a clientela é diferente). Algum esforço do grupo de pesquisa foi direcionado nesse sentido, para verificar essa diferença entre espaços e entre ambientes?

Anna Maria: Não! Eu não me preocupava. Eu dava graças a Deus que não era da psicologia [...] tanto é que, mesmo o grupo lá Marília, que tem um grupo forte de Piaget, só agora que eles me convidaram. Eu não queria ser psicóloga, eu queria ser didática, metodologia de ensino. Eu que queria ensino em sala de aula. Então eu dizia que não era igual e não era igual [...] para mim não interessava aquilo.

Entrevistador: *Nesse texto são apontadas algumas pesquisas realizadas posteriormente: quatro trabalhos, e na citação a senhora indica que apenas o trabalho da Sônia Teixeira era o único terminado até então.*

Anna Maria: A Sônia foi minha primeira orientanda, então só tinha um! A Sônia [pausa] Você vê que é “Noções espontâneas acerca de fenômenos da luz” (TEIXEIRA, 1982). A Sônia estava entre conceito espontâneo e Piaget; noções espontâneas. Então ela usou a ideia dos conceitos espontâneos. Como são os modelos que os alunos fazem? Mas usou a metodologia do trabalho nosso de, invés de fazer, que o conceito espontâneo tinha uma metodologia.

Tem artigo meu comparando as duas metodologias: a metodologia do conceito espontâneo era escrito, passava um escrito, um teste escrito e você fazia o trabalho de a primeira pergunta em todos os alunos (como é que eles respondiam?). Não aluno por aluno. E eu não estava interessada no conteúdo, eu estava interessada como é que o indivíduo pensava. Então não podia fazer a primeira pergunta para toda [...] a segunda para toda. Isso dava como o conteúdo era visto. Então a metodologia foi: entrevistas e análises de todas as entrevistas, para fazer o modelo que eles pensavam. Mas saiu ainda modelo de conceito espontâneo.

Entrevistador: Na sequência eu cito aqui um livro “*Física: proposta para um ensino construtivista*” (1989) e algumas coisas eu extrai desse livro aqui para a senhora puder comentar:

A importância do professor conhecer a história da ciência está em poder compreender os seus alunos, pois inúmeras vezes o raciocínio encontrado em sala de aula é muito semelhante a raciocínios que um dia a Ciência já considerou corretos. O caso mais típico em nosso ensino, e que quase todos os professores já encontraram em suas classes, é o aluno descrever o que acontece quando um objeto é jogado para cima de modo muito semelhante ao que foi descrito por Buridan [...]. (CARVALHO, 1989, p. 4).

*E aqui a Sra. cita ainda: “[...] Piaget e García, no livro *Psicogênese e História das Ciências* (1983), fazem um belíssimo paralelo entre a psicogênese e a história das ciências” (CARVALHO, 1989).*

E mais um trecho:

[...] nas últimas décadas várias pesquisas, principalmente as elaboradas pelo grupo de Piaget, influenciaram muito os educadores responsáveis pelo ensino de ciências. Piaget mostrou que a criança desenvolve espontaneamente as noções de espaço, tempo, velocidade, densidade etc., que adquire as diversas formas de conservação da

matéria [...] e que é mesmo capaz, em certo estágio de desenvolvimento de descobrir as condições de flutuação dos corpos num líquido (Carvalho, 1989, p. 5).

Anna Maria: Pois é, é isso mesmo. Quer dizer, normalmente a criança, se você fizer a pergunta certa, a criança vai, desenvolve [pausa] (densidade eu acho que não - foi um chute grande) mas quantidade de movimento todo mundo faz! E quando eu estudei (não sei se você leu a tese), eu peguei o [pausa] (eu estou ruim de nome) [...] mas, antes de Newton, teve o Descartes. O Descartes diz: “quantidade de movimento vem de Deus”. “Deus pôs no mundo uma certa quantidade de movimento e ela vai ser constante”. Quer dizer: a constância da quantidade de movimento, a própria quantidade de movimento e a constância dela vem de Deus. Quer dizer, isso tá no mundo.

Entrevistador: *Os livros apontados nesse texto da senhora de 1989 foram: “Da lógica da Criança à lógica do Adolescente” (INHELDER e PIAGET, 1976) e “Psicogênese e história das Ciências” (PIAGET E GARCÍA, 1983).*

Anna Maria: É, são os dois que eu trabalho muito até hoje. Até hoje. Mais a estrutura, quer dizer, para ele aprender ele tem que ter um aprendizado antes, se não você tem que ter pra ter um desequilíbrio para reequilibrar, então você não pode começar a ensinar do nada, certo? Não pode fazer assim: “hoje nós vamos ver movimento retilíneo uniforme”. Não dá pra ensinar assim começando do zero, você tem que começar a aula da aula anterior da coisa que ele já sabe. Então é Piaget isso. É lógico também, né? É banal, mas também é Piaget.

Entrevistador: *Dessas obras aqui, a senhora sabe me dizer como foi a recepção dessas obras pelos pesquisadores, pelos seus orientandos [...] Teve discussão dos temas? [...] Como foi?*

Anna Maria: Olha, era mais eu que [...] Quando você tinha um orientando que já sabia a alguma coisa de Piaget, por exemplo, quando o Nardi, quando o Eduardo Mortimer veio, a gente podia trabalhar mais. Mas quando entrava alguém, físico, que nunca tinha ouvido falar de Piaget, não dava para gente discutir, certo? Você não tá num grupo homogêneo; quer dizer: o grupo da pós-graduação de orientandos é terrivelmente heterogêneo. Tem um mestrando que está ainda começando, não sabe nada; tem um doutorando acabando o doutorado. Tem gente que entra já [...], por exemplo, o Nardi e o Eduardo entraram com uma formação já muito boa, então com eles a gente podia discutir. Mas, com o grupo, não dava, era mais leitura própria. Tinha gente que não tinha nem condições de entender o livro. É complicado, não é fácil trabalhar num grupo de pós-graduação, porque é um grupo fluido (que sai e entra, sai e entra); e heterogêneo.

Entrevistador: *Eu vou fazer algumas perguntas genéricas pra fazer um panorama [...]: A senhora consegue estimar mais ou menos como, quando e de que forma essas pesquisas realizadas na escola de Genebra chegaram, começaram a chegar aqui para os pesquisadores de ensino de física no Brasil?*

Anna Maria: Não, eu não posso. Porque, era eu. No grupo de física interdisciplinar era eu só que trabalhava com Piaget. Então, ninguém mais lá trabalhava com Piaget. Como eu te falei, era difícil até publicar. A gente publicava muito em outros lugares, porque não era aceito muito Piaget. [pausa] É mais aceito hoje, do que há vinte anos atrás. É mais aceito hoje do que antigamente. Hoje não tem mais aquela briga de Piaget e Vygostky; não tem mais a briga intelectual entre conceitos espontâneos e psicogênese, sabe? Lá o grupo todo era de conceito espontâneo.

Entrevistador: *Então, nos primórdios então não tinha dilema, discussão [...] era mais a leitura própria mesmo que a senhora usava nos seus trabalhos?*

Anna Maria: É leitura própria. E a discussão com Dona Amélia. A discussão aqui na faculdade. Senti muita falta dessa discussão, viu? Com outros grupos, com outros líderes de grupo.

Entrevistador: *Eu coloquei outra pergunta genérica: quais eram as demandas que se tinham aqui no ensino de física no Brasil?*

Anna Maria: Não tinha demanda nenhuma. O ensino de física em 80 estava muito longe (80 [pausa] nós estávamos na ditadura né?). Então, o ensino de física na escola estava muito ruim. Foi quando em 60/70 e poucos tiraram, cortaram as aulas de física pela metade. Então, a gente (eu dava aula no fim dos anos 60), a gente tinha três e quatro aulas. Tinha três no primeiro colegial, que era o científico, três no segundo e quatro no terceiro. Depois veio uma reforma em 70 (eu não sei precisar a data, 72 ou 75), uma reforma do curso médio que uniu tudo; acabou com o clássico, com o científico, uniu tudo. Que é o que tem até agora. E as aulas de física ficaram duas, duas e uma, ou duas, duas e duas. Então, os professores ficaram desesperados. Eles, até a véspera eles tinham três, três e quatro e eles passaram a ter duas, duas e duas. Vamos dizer, no melhor [inaudível].

Então, o ensino de física ficou uma coisa louca. Nem os professores conseguiam dar a matéria. As vezes, tinha escola que acabava o ano em cinemática, não entrava em dinâmica, porque o professor estava acostumado dar aquela cinemática e continuava dar; então não acabava. Sabe, até se estruturar um ensino que jogasse [...] porque jogar fora conteúdo é uma coisa muito dura para o professor; de saber o que realmente é o âmago, o importante. É muito difícil. Até eles tomarem consciência que não dava para acabar mecânica sem dar dinâmica, que tinha que tirar movimento circular, movimento dois túneis, aqueles enormes problemas de um túnel, dois trens em túneis etc. Até isso, demorou uns três, quatro anos para se ver, então não tinha relação nenhuma com o ensino de física, não tinha nada. Foi muito triste e que ainda está com essa carga didática.

Entrevistador: *Esses trabalhos que a senhora trouxe são os trabalhos que foram feitos aqui no grupo?*

Anna Maria: É, que eu disse, eu vou levar, pelo menos eu lembro do nome. E não lembrei daquele que [pausa] brilhante, um mestrado brilhante, meu Deus do céu ((procura na relação de trabalhos)).

Entrevistador: *Em relação ao tópico anterior, a senhora tem a dimensão da quantidade de trabalhos que foram produzidos aqui no grupo que tiveram essa influência desse pensamento García e Piaget?*

Anna Maria: Olha, muitos! Não sei dizer quantos, eu posso ver. ((procura na relação de trabalhos)).

Entrevistador: *Há trabalhos no grupo ainda que se apoiam nesse referencial teórico ainda hoje?*

Anna Maria: Sim! Sim! Porque [...].

Entrevistador: *Até por sofrer menos preconceito, como a senhora disse.*

Anna Maria: E sofre menos preconceito. Não digo que seja assim como era no começo, que era mais piagetiano duro, que a gente queria fazer psicogênese, porque o Piaget fazia psicogênese, não! Mas, toda a nossa proposta atual de ensino por investigação tem muito do Piaget, muito do Piaget.

Entrevistador: *Sequências de ensino investigativas?*

Anna Maria: É sequência. Tem muito do Piaget. Tem o Piaget e tem Vygotsky, não é só de Piaget, mas a estrutura é de Piaget.

Você propõe um problema (O Vygotsky, põe um grupo para resolver o problema) [...] depois você [...] [pausa] ((procura novamente a dissertação)). Esse mestrado, ele analisa os alunos pelo Piaget, certo? Como é que os alunos pensam? [...] [pausa] ((procura novamente a dissertação)) [...] um orientando ótimo que eu tive.

Hoje tem um Piaget filtrado, não tanto Piaget na palavra, mas as ideias dele todo. Então, se você pegar o livro “Ensino de Ciências [...]” [dúvida sobre o nome do livro] [...] posso pegar aqui? ((procura o livro na estante)). Não está aqui, eu tenho em casa. Era para ter um, porque eu ponho aqui e some. Ótimo, alguém está trabalhando nele, não tem importância. Ensino de ciência [...] um ensino por investigação⁵. O primeiro capítulo que eu escrevo, que eu vou definir o que é ensino por investigação, a gente define com o suporte de Piaget e de Vygotsky. E o Piaget é muito forte, porque você tem um problema, depois você pergunta para os alunos, eles resolvem. A metodologia é pôr os alunos ((faz um formato de círculo com as mãos)) [...]. Você já assistiu algum dos vídeos?⁶

Entrevistador: *Já!*

Anna Maria: Você põe os alunos e faz a pergunta: “como?”. Essa pergunta - como? - está baseada no livro “Tomada de Consciência”⁷, quer dizer, quando você faz essa pergunta para alguém – “como você fez essa lista de perguntas?” - te volta todo o trabalho que você teve, uma tomada de consciência do seu próprio trabalho.

5 Acreditamos que a professora se refere ao texto “O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas” (CARVALHO, 2013).

6 A Prof. Anna se refere ao conjunto de vídeos elaborados pelo LaPEF com relatos de atividades didáticas realizadas pelos professores e pesquisadores do grupo.

7 “A tomada de consciência” (PIAGET, 1977).

Então, quando você pergunta para criança – como? – eles tomam consciência do que eles fizeram e é muito interessante.

A própria Maria Eliza – ela trabalha – Maria Eliza Gonçalves: “*Conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*” – ela estuda como e quais são as respostas dos alunos em cada uma das fases. Então, nessas respostas [...] nisso os alunos vão tomando conhecimento e levantando as hipóteses. O que eles faziam, assim, sem pensar, agora eles tomam consciência e levantam a hipótese. E depois da pergunta “por que?” também é – quer dizer eu não posso dizer que é influência do Piaget (você resume um livro numa pergunta, [...] não é assim). Mas é a explicação causal. Porque quando você pergunta “por que?”, eles vão dar uma explicação, então você vê direitinho a explicação legal ou a explicação causal. Você citou um artigo do García que explica isso: a explicação causal e legal.

Entrevistador: *O livro?*

Anna Maria: Não, um artigo dele. Você não tem?

Entrevistador: *Não tenho! Vou procurar.*

Anna Maria: Eu acho que eu tenho em casa. Você me dá teu e-mail, eu tenho no meu computador, eu te mando. Porque é lindo: é o único artigo, a única coisa que eu entendi. Porque o Piaget, a gente não entende nada do que ele escreve! A gente gosta muito dele, mas [pausa] é muito difícil, eu não entendo nada, quer dizer, não entendo. O que é que eu vou fazer, não entendo. No livro que ele escreve com a Inhelder, “A Lógica da Criança e do Adolescente”, você vê o que é a Inhelder que escreve, que você entende, e o que é o Piaget que escreve, o que você não entende. Então, não adianta a gente querer ser [...] eu não entendo muito o que o Piaget escreve. O García eu gosto dele porque a gente entende perfeito e nesse artigo ele faz a diferença entre causal e legal.⁸

Entrevistador: *Será que ele não escreve isso também no livro “Conhecimento em construção”?*

Anna Maria: Ah eu não li “*Conhecimento em construção*” dele. Pode ser que ele já tenha [...] não sei, eu não li. Então vai ver que ele escreve. O artigo saiu numa revista do México, quando nós fomos lá, nós pegamos, então não é fácil de ter. Eu tinha aqui um monte que eu trabalhava na pós, mas jogaram tudo fora. Todas as coisas que eram xerox eles jogaram fora. Eu não venho aqui faz tempo – e também tenho que dar espaço para outros né? [...] e a gente classificava os alunos.

Entrevistador: *Eu deixei para depois aqui alguns trechos que eu extraí de um capítulo de livro (“Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas”) [...] a senhora já citou alguns referenciais. Para responder a outra questão: “como o aluno constrói o conhecimento na escola?”, no texto é dito que foram buscados referenciais teóricos nas teorias*

⁸ “*El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias*” (GARCÍA, 1982a).

sociointeracionistas. *Que contribuições essas outras teorias trouxeram para além das obtidas por meio do primeiro grupo de referenciais [Piaget e colaboradores] não dava?*

Anna Maria: Todos os grupos né. Todo o trabalho em grupo. Mas como nós não somos Vygotskyanos, eu não sei fazer a análise pela teoria do grupo. A análise pela teoria do grupo foi feita pela Luciana Sedano⁹ [...] ela trabalhava junto com a Carla, mas a Carla¹⁰ foi antes, ela fez a análise do grupo; daí usou o Piaget, o Vygotsky [...] usou outros autores que eu nem conheço para ver como é que eles trabalhavam em grupo. A gente tinha gravado o grupo [...] e vai, você não pode [...] Piaget não foi pedagogo; ele estava pouco importando com a sala de aula; ele fazia tudo fora.

Então não dá para gente trabalhar só com ele. Não dá, você tem que trabalhar com Vygotsky, com os outros sociointeracionistas - que eu não conheço todos, certo? Não dá pra gente conhecer tudo! - e vê as interações dos alunos; que são muitas interações, é muito interessante.

Eu tenho todo esse material, se quiserem para estudar, com outros pontos de vistas, está às ordens. Espero que não tenham jogado fora. Não, não jogaram não, está tudo ali ((aponta em direção às caixas)), naquelas caixas. São os originais em VHS de todas as aulas; aulas inteiras; porque a gente gravou para cada vídeo três, quatro aulas inteiras; aqueles vídeos de vinte minutos. Para cada um você vê que tem uma ou duas professoras, as vezes têm mais, sim; então, para cada professora foi gravado uma aula. Tem muita aula aí.

Entrevistador: *Num artigo em 2017 - “Ensino fundamentado na estrutura da construção do conhecimento científico” na revista Schème de Marília, a senhora cita três pilares para fundamentação: Piaget (indivíduo), Vygotsky (grupo) e os pesquisadores em ensino de ciência (os mesmos problemas anteriores somados à compreensão das diversas linguagens das ciências e o problema de ensiná-las). Aí tem um trecho que eu extraí o seguinte:*

[...] nossa proposta de ensino foi tentar mudar a cultura experimental – passando de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica – a fim de que os alunos possam construir seus conhecimentos. A experimentação científica deve iniciar com um problema quando os alunos, ao tentar resolvê-lo, propõem seus conceitos espontâneos como hipóteses a serem testadas (CARVALHO, 2017).

Esses três pilares convergem como para as propostas que vocês elaboraram aqui no LaPEF?

Anna Maria: Ah convergem. Convergem principalmente porque o Piaget não era sala de aula. Então, o Piaget só dá a estrutura do pensamento do indivíduo sozinho, certo? A sala de aula é grupo; e depois os pesquisadores de ensino de ciências são muito importantes, muito importantes, porque, por exemplo, o Lemke¹¹ vai estudar a linguagem, a construção da linguagem; a linguagem como fala e como é que você tem que discutir a linguagem dos alunos e, principalmente, as outras linguagens da ciência. Que a ciência também, não no fundamental; mas quando você está no fundamental 2 e no médio, você tem matemática, você tem gráficos, você tem outras linguagens da ciência. Então esse [...] como é que os alunos trabalham com gráficos e a dificuldade de trabalhar

9 “Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências” (SOUZA, 2010).

10 “Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências” (OLIVEIRA, 2009).

11 Jay Lemke, autor de “Talking science: language, learning and values” (LEMKE, 1997).

com gráficos. Têm autores muito bons que trabalharam nisso [...] você tem aquele sociólogo, que estudou o laboratório de física: o Latour¹². O trabalho do Latour é importantíssimo para a gente, para saber como é que se vive no laboratório, como é que se discute, como é que vê. Aquele livro primeiro dele é muito bom e muito importante para o ensino de ciências.

Então, você não pode discutir isto; cada vez mais você pega o Piaget na coisa que realmente ele foi importante, na estrutura da lógica da criança e do adolescente; ele dá estrutura do pensamento. Então, para estudar a estrutura do pensamento é bom, mas para estudar a linguagem, não é. Você tem que ver uma coisa: você tem pesquisas hoje [...] o Piaget é de 30, nós estamos em 2019; então as coisas do Piaget, o que sobrou, não o que sobrou, mas o que está filtrado aqui; você tem a tomada de consciência, a explicação causal é importante; mas têm coisas muito importantes; você não pode discutir e não estudar o que faz a argumentação. A argumentação hoje é uma coisa muito importante, quer dizer, você não ensinar, mas dar a possibilidade de o aluno argumentar é essencial, até para ele poder falar “se ... então ... portanto”; se não ele não fala [...] a argumentação é essencial, você tem que trabalhar com isso.

Entrevistador: *Peguei da fala da senhora, e também de numa conversa que tivemos, eu e o professor Marcelo na terça-feira manhã, olhando os trabalhos do grupo a gente percebe mais ou menos da tendência; e eu peguei um pouco da fala da senhora também, de que alguns dos primeiros trabalhos era aquilo que a senhora chamou de “um Piaget um pouco mais duro”, para depois uma mudança de tendência envolvendo outros aspectos [...] isso houve mesmo, então?*

Anna Maria: Outros [...] entrando outras coisas, outros conhecimentos. É porque você não pode ficar no duro; o duro não dá nada mais, certo? Você não tem o brilhantismo do Piaget de ver o que restou disso, quer dizer, o que restou não, o âmagó dessas coisas, então não dá. Realmente é importante, mas hoje a gente não deixa de ser piagetiano, porque aquela coisa que está em cima é importante; você levar os alunos a tomar consciência é importante; levar eles a darem explicação é importante. Agora, para fazer isso você tem que ensinar ou tem que dar perguntas para eles fazerem, falarem, articularem as suas respostas.

Entrevistador: *[...] uma última questão, a senhora vê perspectivas ainda, apesar das críticas ao construtivismo, ao uso desse referencial teórico para as pesquisas atuais?*

Anna Maria: Eu acho porque o construtivismo não é só Piaget, certo? Não é só grudado no Piaget; esse construtivismo grudado no Piaget, o Piaget duro como a gente fala, esse não tem mais espaço; mas eu acho que todos, e eu não vejo outra [pausa] todas as pesquisas hoje não falam que são construtivistas, mas são! Eles nem procuram, essa necessidade de carimbar não tem mais, porque todo mundo quer fazer os alunos aprenderem, e aprender como? Com eles construindo o conhecimento eles mesmos. Todo mundo quer que os alunos argumentem; para argumentar nós também não falamos mais, a gente diz que quer dar liberdade intelectual para os alunos (fica muito mais bonito, não fica?).

12 Bruno Latour, autor de “*Science in Action – How to Follow Scientists & Engineers Through Society*” (LATOURE, 1987).

No meu último artigo já está isso [...] você tem que dar liberdade intelectual para os alunos. Era o que o Piaget falava, mas com outras coisas [...] Mas você tem que dar liberdade para ele pensar, para ele falar, para ele argumentar. Então, eu acho que, hoje, não há preocupação em ser construtivista ou não, porque todos são, certo? Porque todos querem que os alunos falem, que os alunos argumentem [...] Então, o que é isso? É construtivismo; mas não aquele construtivismo duro do Piaget.

As primeiras experiências, as primeiras escolas piagetianas, era o que ele [o aluno] já sabe, dar alguma coisa para se desestruturar. Não, não há necessidade disso [...] de seguir exatamente, porque a pessoa segue; a estrutura da pessoa. Eu acho que o entendimento de Piaget abriu também. Não era um entendimento fechado como era da pessoa (a pessoa pensa assim, assim, etc.). Ele deu a lógica, ele deu o caminho.

Tanto é que, naqueles meus vídeos, está provado: os alunos de nove, dez anos fazem o “se ... então ... portanto”; a estrutura lógica; a estrutura compensatória que ele diz que só aos quinze, quatorze [anos] [...] que era um sujeito sozinho. Então essa coisa do Piaget caiu. Na escola não pode ser pensado.

É ruim quem sabe muito pouco do Piaget. Então, uma crítica ao BNCC: põe no primeiro ano “o aluno não pode fazer hipótese”, está lá [...] “ele só vai classificar e seriar”. Nos primeiros anos do BNCC é só classificar. Filho, isso é quem estudou Piaget na escola! Que estudou aquilo de sete a dez anos, classifica e seria depois faz [...]. Não é assim, isso é o sujeito sozinho, não é num grupo, não é numa interação. Não é que eles esteja errado, mas a escola é outra coisa; a escola não obedece Piaget de jeito nenhum; a escola tem outros [pausa] quer dizer, não é jogar fora, entende? Mas não obedece fechado como ele propõe; e ele propõe um sujeito. Não é que ele propôs errado, mas ele propõe um sujeito sozinho com o examinador, e isso as outras pesquisas sócio-construtivistas mostraram que a sociedade, a socialização é muito importante. Infelizmente o BNCC está cheio disso: uma influência boba e errada, para mim, de compreensão dele. Quer dizer, é como se tudo o que a gente faz na física que é sem resistência do ar valesse para a bola que cai; ora, não vale!

Entrevistador: *E para a senhora como está o ensino de física depois desse tempo de desenvolvimento de pesquisa aqui na USP com os projetos?*

Anna Maria: Olha, eu tenho muito pouco interação. Mas eu tive, por exemplo, os últimos mestrados e doutorados (do zero ao dez que eu não trouxe¹³); do doutorado eu trouxe; eu trouxe até 2009; eu não atualizei aqui. Eu tenho, por exemplo, dois mestrados de ensino de física bem moderna, discutindo em sala de aula, para eles entenderem a diferença entre luz-onda e luz-partícula. Então, alunos meus que estão: Josias Paiva¹⁴ que fez o mestrado e o doutorado comigo sobre o ensino deste conteúdo; então a gente está trabalhando. Não eu, mas tem o grupo do Maurício Pietrocola que também está trabalhando com uma física mais moderna em sala de aula de segundo grau; mas são poucos; o ensino em geral eu não sei, mas tem, está indo para a sala de aula sim.

Mesmo a sequência didática está indo. Nós soltamos um livro em 2016, que é pela livraria da física, que é “*Calor e temperatura: um ensino por investigação*” (CARVALHO et al., 2014). São quatro sequências didáticas dadas na escola pelos quatro professores que escreveram comigo. Quer dizer, eu só coordenei, eles que escreveram.

13 Itens da lista de trabalhos que faltavam.

14 “*Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos*” (PAIVA, 2010) e “*Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar*” (PAIVA, 2015).

APÊNDICE II – Conferência: Rolando García (1982)

GARCÍA, R. *Histoire des Sciences et Psychogenèse*. Áudio do 4e Cours d'étude avancé organisé Par la Fondation Archives Jean Piaget en collaboration avec le Centre International d'Épistémologie Génétique (CIEG). Université de Genève. 21 au 25 Juin, 1982b.

Transcrição do áudio de seminário realizado no Centro Internacional de Epistemologia Genética (GIEG) da Universidade de Genebra, no ano de 1982, obtido nos *Archives Jean Piaget*. Da referida conferência, participam fazendo pequenos esclarecimentos e questionamentos outros integrantes do CIEG. Trazemos aqui, apenas a apresentação feita pela Dra. Bärbel Inhelder e posteriormente as falas do Dr. García.

Abertura (Bärbel Inhelder):

Amigos antigos, amigos novos, queridos estudantes, senhoras e senhores, eu gostaria sobretudo lhes desejar muito cordialmente as boas vindas a nosso 4º curso de estudos avançados que organizamos nos Archives Jean Piaget e, este ano, pela primeira vez, em colaboração com o Centro Internacional de Epistemologia Genética (CIEG).

Eu sou particularmente feliz em desejar as boas vindas ao Professor Grmek, que nos concede a honra enquanto presidente da *Associação Internacional de História da Ciência* de participar dessa semana que foi, na verdade, consagrada como vocês viram, ao grande problema da história da ciência e a psicogênese.

Antes de mais nada, eu serei muito breve, por antecipar pela primeira vez: eu gostaria de lhes dizer qual o propósito dos *Archives*, qual é o propósito do CIEG, e passarei em seguida a palavra ao meu colega Gil Henriques que é atualmente o diretor do CIEG. Os *Archives Jean Piaget* reúnem todos os escritos de Jean Piaget em todas as línguas acessíveis e compreende um certo número de manuscritos e reúne igualmente os trabalhos que foram feitos pelos seus colaboradores do mundo inteiro e esses trabalhos são todos registrados e classificados e saem a cada ano nas bibliografias, no volume 8, que vai sair hoje mesmo graças a colaboração de nossa bibliotecária.

Mas, não iremos muito longe, não queremos unicamente ter acesso ao passado e temos a vantagem ainda acesso sobre o futuro e, no âmbito dos Archives Jean Piaget, se reúnem semanalmente na segunda-feira pela manhã alguns físicos (como o meu vizinho), biólogos, talvez alguns filósofos e sociólogos da ciência, alguns psicólogos. E é graças a iniciativa de Jean-Jacques Ducret, que vem de defender uma bela tese sobre os aspectos históricos acerca das origens do pensamento científico de Jean Piaget, no campo científico em que esse pensamento é formado; seria um momento para esses pesquisadores discutirem problemas comuns, esse ano será o problema da [...] da ciência.

Mas além disso, sobretudo, este ano com o meu colega à minha esquerda (Jacques Vonèche) nós organizamos uma semana de estudos avançados, e uma primeira semana foi consagrada a construção e validação das teorias científicas (o volume aparece); o segundo curso foi consagrado a epistemologia genética e ciências cognitivas; o terceiro curso aos processos e estruturas cognitivas (e o volume 2 e 3 estarão prontos hoje ao meio-dia); vocês verão então o trabalho que foi compilado.

Este ano, nós escolhemos juntos o tema: “*História do pensamento científico e psicogênese*”. Por ser este um tema que interessa de um lado os epistemólogos, e de outro lado os psicólogos, e sobretudo os historiadores da ciência; e é um tema central a todo o pensamento piagetiano desde o início.

Vocês devem se lembrar talvez, em seu primeiro trabalho (que são trabalhos da psicologia da criança: “*A representação do mundo na criança*”, “*A causalidade física na criança*”, nos anos 26 e 27), Piaget estudou a noção de realidade na criança; ele não teria estudado isso sem haver conhecido o pensamento de Aristóteles; e mais tarde, com a colaboração de Alina Szeminska, e minha própria colaboração, ele se começou a se interessar pelo problema da conservação, ligado aos modelos atomísticos (nos anos 30), eles vão da escolha ... nos estávamos estudando não somente a gênese na criança, no que concerne as noções de conservação e da representação da realidade, mas o que o fazia remontar aos pré-socráticos, que o fazia ler os historiadores da ciência, entre outros é claro, Bachelard com sua obra “*Les Intuitions atomistiques*”(BACHELARD, 1933).

E assim por diante, a cada momento, os problemas que eram estudados pela psicologia genética como um método dado a epistemologia genética nós tivemos um e outro, somente indiretamente infelizmente, recorrido a história da ciência.

Nessa bela obra que consistiu na época a uma verdadeira soma a “*Introdução à Epistemologia Genética*” Piaget tentou fazer uma tese entre essas duas abordagens compreendendo o método de trabalho subordinado a uma epistemologia genética nesse volumes sobre o pensamento matemático, o pensamento físico, o pensamento biológico, psicológico e epistemológico.

Mas é preciso estar atento aos anos 60 apenas porque Jean Piaget foi encontrado, por um feliz acidente na história da ciência, por um colaborador que foi capaz de colocar seu ponto de vista, que foi capaz de trabalhar com ele, Rolando García, e juntos eles elaboraram essa grande obra “*Psicogênese e História das Ciências*” (PIAGET e GARCÍA, 1983), terminada pouco antes da morte de Jean Piaget e, pessoalmente, eu tive o grande privilégio de poder participar de muitas discussões, suas trocas de pontos de vista, suas trocas de anotações e participar como ouvinte atenta, da criação, de alguma forma, desse primeiro trabalho de sua tese que vão aparecer, nós esperamos, divulgadas em francês pela Flammarion e em espanhol junto a outra editora.

Essas são algumas das razões pelas quais escolhemos esse tema pois há muita matéria para reflexão e matéria ao mesmo tempo histórica e psicológica.

Por outro lado, [...] como vocês sabem, durante 25 anos, esse centro conheceu uma atividade prodigiosa sobre a inspiração e direção de Jean Piaget. Quando ele nos deixou, um dos problemas que nos colocamos foi fechar todos os seus trabalhos, pois nada será como antes, ou, ao contrário, fazê-lo com muita energia e muita imaginação criar o novo, que esteja na linha de Jean Piaget mas que sejam também coisas novas, Gil Henriques teve a coragem de se lançar, com a ajuda do fundo nacional de pesquisa científica, de estudar um problema particular, o problema do movimento (há muitas questões aqui) e a abordagem de sua dupla perspectiva.

Eu gostaria de agradecer agora o representante do fundo nacional que nos dá o prazer de estar aqui conosco de haver proporcionado essa reunião, por meio de uma subvenção, e de permitir a continuação desse Centro de Epistemologia Genética. Espero que possamos mostrar o quanto as diferentes ocupações e preocupações científicas se unem para trabalhar juntas para prolongar, na medida do possível, o pensamento piagetiano, não como um sistema fechado, mas num sentido de perspectivas abertas.

Eu gostaria antes de passar a palavra a Jacques Vonèche que dirá algumas [...]

Apresentação (Jacques Vonèche):

Senhoras e Senhores, colegas e amigos, nesse 4º curso organizado pelos Archives Jean Piaget. Minha distinta colega, Bärbel Inhelder disse a vocês, este é o quarto curso; os outros três cursos foram dedicados “construção e validação das teorias científicas”; o segundo foi “epistemologia genética e ciências cognitivas”; o terceiro “processos e estruturas cognitivas”; e este quarto irá tratar da relação entre “história da ciência e psicogênese”, como vocês já sabem [...].

O primeiro a falar hoje será o Dr. García da Universidade do México. Ele vai falar, precisamente, sobre o livro que ele teve o privilégio de escrever com Jean Piaget, que foi o último livro que Piaget terminou antes de morrer. O livro será publicado em breve em francês pela Flammarion [...].

Conferência (Rolando García):

Sim. Eu vou falar em inglês porque eu maltrato um pouco menos a língua inglesa do que a francesa.

Antes de tudo, eu gostaria de agradecer Barbel Inhelder pela introdução a respeito de meu trabalho com Piaget. E eu também agradeço Gil Henriques pela introdução, com a quantidade de declarações acerca do tipo de trabalho que tínhamos antes de nós. Ele fez, de fato, uma série de afirmações que já indicam que a discussão será bastante densa.

Deixe-me começar fazendo alguns comentários, na verdade, duas observações sobre meu trabalho com Piaget; eu não posso evitar. Quando eu comecei este trabalho, quando fomos juntos para a montanha uma vez para começarmos esse livro, eu estava avisado de que seria muito difícil trabalhar

com Piaget por dois motivos: primeiro, ele não era muito flexível, não gostava muito de ser contestado em suas ideias; segundo, quando ele escrevia uma página, ele nunca voltava atrás e retirava aquilo. Ele podia adicionar algumas palavras, após longas discussões, mas nada além disso.

Como a maior parte dessa noção sobre grandes pessoas, eu encontrei isso para ser impelido. Eu nunca tive discussões tão animadas com alguém, discussões em que eu aprendi tanto. A flexibilidade da mente que eu encontrei em Piaget foi tão fantástica; e eu tinha os exemplos históricos em minhas mãos, em páginas que ele escreveu e, após longas discussões, ele decidia substituir por outras páginas.

Eu sou muito grato por aqueles dias; para mim, foram os dias mais interessantes da minha vida intelectual. Isso me deu muito mais “*insights*” nas ideias de Piaget do que lendo muitos dos seus livros. Piaget era muito mais claro em discussões do que escrevendo. Particularmente, no final da sua vida, ele era bastante enigmático na escrita. Ele parecia estar um pouco apressado para escrever muitas coisas apenas porque ele provavelmente pensava que não seria capaz de escrever, em vida, tantas ideias que ele tinha na cabeça. Além disso, ele tomava como certo, quando escrevia, que as pessoas já teriam lido todas as 25 mil páginas que ele havia publicado na sua vida, embora costumava dizer que nunca tinha lido Piaget, e, de fato, tinha esquecido muitas outras coisas que havia dito em livros anteriores.

O fato de ele ser muito mais claro em discussões, me deu alguns “*insights*” no seu modo de pensar e, talvez por essa base, eu gostaria de começar minha fala pontuando que esse assunto da relação entre psicogênese e a história da ciência tem sido, na verdade, muito enganoso, e a maioria das discussões que eu conheço nesse assunto são discussões que estão completamente fora do eixo.

Em particular, existe uma ideia geral de que o que nós temos que fazer é olhar para períodos na história da ciência, nos quais alguns conceitos foram desenvolvidos de determinada forma, que poderíamos encontrar no desenvolvimento da estrutura conceitual nas crianças tipos semelhantes de ideias.

Eu gostaria de dizer, desde o princípio, que eu não pretendo fazer isso.

Na verdade, eu não pretendo fazer duas coisas que são comumente feitas neste tipo de discussão. Primeiro, mostrar que alguma resposta específica dada por algum cientista em tais e tais períodos da história corresponde a tais e tais respostas fornecidas por crianças quando perguntadas sobre determinados problemas em certa idade.

Vocês podem encontrar um grande número de exemplos muito marcantes, muito interessantes. Você pode mostrar que Oresme, por exemplo, no século XIV, proveu algumas respostas sobre o conceito de força (o conceito primitivo de força, o pré-conceito de força, eu diria), que tem marcante similaridade com respostas fornecidas por crianças quando você as coloca ante certos experimentos.

Mas, eu diria que isso é estéril, mais do que isso, particularmente quando você fala do Centro Internacional de Epistemologia Genética (CIEG), isso é inteiramente estranho a maneira de pensar de Piaget. Porque apenas esse fato (de que você encontra a mesma resposta em tal período da história e a mesma resposta na criança) não tem significado epistemológico a menos que você mostre porque você recebe tais tipos de respostas na história e tais tipos de respostas no desenvolvimento da criança; e isso mostra que a mera coincidência de respostas não é epistemologicamente relevante para o problema.

A segunda abordagem que eu vou dispensar desde o início, é que há algumas tentativas de tentar mostrar que o que a criança faz é recapitular o que aconteceu na história da ciência. E, é claro, mais uma vez, isso é algo difícil de sustentar e, novamente, sem interesse epistemológico.

Tem havido outros equívocos sobre qual seria o objetivo deste tipo de comparação entre psicogênese e história da ciência. Minha grande surpresa quando eu recebi os “*Archives de Psychologie*”, publicados neste ano com os resultados dos trabalhos apresentados na seção dedicada a Piaget no dia 3 de Novembro de 1981, eu encontrei um trabalho de Dieudonné, o grande matemático e historiador da matemática, um homem que eu respeito muito. Mas ele diz um número de coisas sobre as tentativas de Piaget de ir a esse paralelismo entre psicogênese e o desenvolvimento da ciência que foi pra mim muito chocante e eu vou tomá-lo como um brilhante exemplo de como não ler Piaget.

É sobre a comparação feita por Piaget muitas vezes, sobre o que a escola bourbakiana de matemática chamou “*Les structures-mères*” (estruturas-mãe) e as estruturas fundamentais que ele encontrou no desenvolvimento infantil.

Dieudonné diz:

“Na minha opinião, esta é uma tentativa que não pode ir muito longe. O efeito que os não matemáticos não possuem absolutamente consciência dessa formação, e que toda a história da ciência mostra que ela não é, de modo algum, por um desenvolvimento natural, mas, partindo da premissa psicológica, qualitativa e imprecisa de que os matemáticos chegaram à noção de estrutura por uma longa e difícil análise das demonstrações existentes, onde complexas e diversas estruturas participam desses processos, seguindo as evidências de cada uma delas.

Eu considero isso um erro de interpretação muito sério da função do método psicogenético e da função-propósito de considerar juntos a psicogênese e a história da ciência a fim de explicar como o processo de conhecimento se desenvolve.

Eu acredito que todos concordarão aqui que Piaget não iniciou seu trabalho epistemológico com crianças porque ele estava interessado na criança. Creio que todos vão concordar que ele iniciou seu trabalho epistemológico com crianças por causa de algumas das características que *Henriques* disse na abertura, por que era possível mostrar, em um nível adaptado, certos tipos de desenvolvimentos e a questão foi como descobrir os tipos de mecanismos subjacentes a este desenvolvimento. Percebe-se isso nas crianças, mas o interesse não são as crianças, o interesse é o mecanismo. Você utiliza a criança como ferramenta para explorar o mecanismo.

O que vou sustentar é que, na verdade, não estamos diante de dois problemas diferentes. Eu faço uma exceção a uma das ideias ditas por *Henriques* sobre mecanismos diferentes entre psicogênese e história da ciência. Acho que isso está muito claro no trabalho muito mais antigo de Piaget: temos um único problema: Conhecimento (como se dá o conhecimento?).

Eu tenho insistido muitas vezes - peço desculpas se muitos de vocês já ouviram isso - eu considero um ponto muito essencial: o que Piaget fez em Epistemologia é pra mim muito claramente paralelo ao que Newton fez na Mecânica (eu pego Newton como “O” exemplo do século XVII de revolução na história da ciência).

O problema real nas mudanças em ciência no século XVII não era um problema de metodologia, como eu vou insistir, mas o problema no tipo de questões que as pessoas fazem sobre a natureza. No tempo dos gregos, e mesmo na idade média, o problema da queda dos corpos foi abordado do ponto de vista de certas questões básicas: “O que havia na natureza do objeto que o fazia cair no chão?” Essa era a questão básica a ser feita.

A grande mudança no século XVII foi que as pessoas não se perguntavam mais sobre a natureza do objeto, não perguntavam sobre a natureza do movimento, eles perguntavam: “Como podemos ir de um estado de movimento para outro estado de movimento?”. São as leis, por assim

dizer, que definem um sistema que, em certo estado de movimento, continuará e passará por certas trajetórias com certas posições e certa aceleração, e assim por diante, e quais são as forças responsáveis por este movimento. Essa mudança do quadro epistêmico forneceu a base da revolução científica na mecânica.

Eu acho que Piaget fez exatamente a mesma coisa na Epistemologia. Em vez de perguntar “qual é a natureza do conhecimento?”, ele questionou: “Como esse processo de conhecimento evoluiu?”, “Como você passa de um estágio do conhecimento para o próximo?”.

E ele não começou com nenhuma definição de “conhecimento”, nem científica ou não científica, nem do cientista, nem nas crianças, ele começará com “conhecimento” como um conceito social. Existe um fenômeno social chamado “conhecimento” e há uma fonte de avaliação social de que certos estados de conhecimento são mais avançados do que outros estados de conhecimento. Sem perguntar a natureza dessas coisas, ele toma isso como um fato e tenta explicar essa evolução. [...] bem ... isto explicado em termos de crianças, em termos de outros não sofisticados [...]

[trecho cortado]

[...] entre o conhecimento pré-científico e o conhecimento pós-científico.

Eu poderia dizer que não encontramos essa fronteira (limite), e o desenvolvimento do conhecimento mostra que você não coloca qualquer fronteira (limite), você tem que colocar muitas fronteiras (limites) tanto no desenvolvimento das crianças e no pensamento pré-científico como também no pensamento pós-científico. O conhecimento não vai gradativamente assim, ele passa por etapas, e se você quiser introduzir limites para indicar o salto de uma etapa para outra, você pode fazer isso, mas você o acha igual em crianças, em outras não sofisticadas, ou na história da ciência.

Então, se você considera todo o processo do conhecimento, nós entendemos porquê a criança é privilegiada

Mas elas eram privilegiadas porque ofereciam condições muito específicas para explorar o início (gênese) de certos conceitos, a construção desde o início da estrutura (quadro) conceitual para organizar todo o trabalho que cada ser humano tem que fazer em seu desenvolvimento.

É apenas por isso que a psicogênese desempenha um papel tão importante, mas insistirei que, do ponto de vista epistemológico, não significa haver uma separação drástica entre a pesquisa psicogenética e as outras pesquisas.

As outras pesquisas são pouco mais difíceis de realizar. Nós podemos explorar o início de alguns conceitos (é muito difícil explorar o início de outros conceitos). Chegamos à história com matemática já bem avançada, e é quase impossível rastrear de volta com quem e como os números começaram de uma maneira muito detalhada. Nós não podemos explorar a gênese social do sistema numérico porque simplesmente não temos dados.

Na Física é muito mais fácil fazer isso, porque a Física se desenvolveu muito mais tarde e temos documentos históricos para mostrar de que maneira precisa os conceitos modernos usados nos vários ramos da Física (quando digo Física, quero dizer todas as ciências empíricas); como esses conceitos se desenvolveram ao longo dos vários períodos.

Mas eu vou sustentar que, de uma forma ou de outra, nós estamos analisando um único problema: o desenvolvimento do conhecimento. E nós analisamos isso em diferentes estágios. Se você tem uma linha como essa para o conhecimento, nós podemos ver como vamos de um estágio para o outro em períodos que correspondem à infância, em períodos que podem corresponder a outros não-sofisticados e em períodos que correspondem à Ciência.

Temos diferentes ferramentas para fazer isso; temos diferentes procedimentos para fazer isso; podemos usar experimentos, assim como foi dito no início, em um caso, podemos não realizar experimentos em outro caso; nós temos documentos em um caso e temos apenas interrogatórios em outro caso; mas o alvo é o mesmo, o objetivo é o mesmo e, para minha grande surpresa, os resultados parecem muito similares. E isso é, talvez, o ponto central do que eu quero dizer.

Deixe-me dizer que, para mim, a formulação do problema da relação entre psicogênese e história da ciência tem que ser reafirmado novamente de forma que o método que eu utilize seja o seguinte: tomemos como isso se desenvolve historicamente, mesmo em Piaget, é claro que a psicogênese se desenvolve muito mais e muito mais longe, e a maior parte do que sabemos agora sobre epistemologia genética é baseada em pesquisas psicogenéticas. Então, o que as pesquisas psicogenéticas nos ensinam?

Eu gostaria de fazer um esquema de quais são as principais características do Sistema Epistemológico de acordo com a Teoria da Epistemologia Genética – se eu puder [...] não tenho certeza se eu poderei fazer [...] [obs: escreve no quadro].

Nós temos que considerar alguns pontos. Eu vou nomear esses pontos e espero que o argumento se sobreponha aos nomes. O que eu chamo “instrumentos”, vocês podem chamar de “ferramentas”, o que eu chamo de “mecanismos”, vocês podem chamar de “instrumentos” e assim por diante. Se o argumento for muito longe eu gostaria de chamar John Peter Paul para evitar anexar significado particular às palavras que vamos usar. Eu não me importo muito com discussões semânticas; eu desperdicei quinze anos da minha vida em semântica e não quero voltar nisso.

Primeiramente eu direi que a epistemologia genética começa com algumas fontes de conhecimento; e as fontes são duas: assimilação e acomodação. Se você os chama de “fontes” ou não, eu não me importo.

Em seguida, nós temos alguns instrumentos (algo que nós podemos chamar de instrumentos). Deixe-me dizer que essa terminologia foi acordada com Piaget no último momento de sua vida. Era a questão de escrever as conclusões. Também encontramos a necessidade de fazer uma revisão sistemática do que foi feito e ele concordou com essas terminologias, então eu tenho algumas razões para colocar isso no quadro sem reservas. Os instrumentos são, novamente, dois: abstrações e generalizações.

Em seguida, temos algo que quero chamar processos (isso é um pouco mais vago, mais recente na epistemologia genética). Existe um primeiro processo que chamarei de “busca por razões”. O segundo indica o processo que vai “da possibilidade à necessidade”. Outro processo é a tentativa de equilíbrio entre diferenciação e integração. E um quarto é um processo chamado “tematização”. Podem haver outros, talvez muitos outros.

Finalmente, algo que nós queríamos chamar “mecanismos”. E esses mecanismos, não são os únicos que levam à ideia geral de equilíbrio que é o núcleo e o ponto culminante da Epistemologia Genética em minha opinião [...] Nós encontramos três mecanismos que nós queríamos batizar com o nome tríplico “intra-inter-trans”, os três níveis da equilíbrio (mais ou menos o núcleo central da Teoria).

Quer você goste ou não deste esquema, aceitando essas terminologias ou não, esses são os tipos gerais de problemas e o tipo geral de informações que nós conseguimos na Teoria Epistemológica acerca de como, no sistema cognitivo, esses muitos aspectos funcionam e como você consegue, finalmente, o desenvolvimento do sistema cognitivo através deste tipo de mecanismos gerais (podemos chamar isso tudo de mecanismos gerais).

Agora, para mim, o problema de colocar juntos Psicogênese e História da Ciência não é, absolutamente, o problema de encontrar um paralelismo (não me importo com isso), mas observar que na História da Ciência nós encontramos que de fato esses instrumentos de abstração e generalização trabalham, que de fato esses processos ocorrem, que de fato esses mecanismos estão em ação, que de fato nós encontramos esses estágios de equilíbrio ao longo da história e não como um processo contínuo de pequenas mudanças adicionadas às anteriores por acumulação (há algo diferente!).

Então, quando fornecemos um exemplo que parece similar [...] um exemplo na criança; eu vou repetir – e me desculpem por fazê-lo – que não é a analogia do exemplo que é importante, mas o que há por trás disso.

Eu vou te dar um exemplo muito elementar: todos sabem que Aristóteles, a fim de explicar qual era a trajetória de algum objeto quando lançado, acreditava que quando jogava alguma coisa ele se movia assim (Obs: traça uma linha no quadro), até que as forças iniciais se exauriam e o objeto caía na terra (Obs: traça outra linha)¹. Estranho agora, mas encontramos muitas crianças respondendo da mesma forma. O ponto importante não é que ambas as respostas são iguais; e é claro que a conclusão não pode ser que Aristóteles tinha a mente de uma criança de 5 ou 6 anos (ou, como me disseram uma vez, que Aristóteles era pré-operacional); o ponto importante é: Por que em ambos (na história da ciência e na mente da criança) encontramos respostas como essa? Qual é a razão por trás disso? Qual é o mecanismo que uma mente como a de Aristóteles (uma das maiores mentes de toda a história, sem nenhuma dúvida!) responderia dessa forma?

Por que Aristóteles que, ao contrário do que pensávamos quando a minha geração aprendeu história da ciência (nos disseram naquela época que a diferença entre a ciência aristotélica e a ciência da idade média e a ciência moderna – a ciência que começou no século XVII – era uma diferença de “observação” em experimentos; os povos antigos não pesquisam o mundo, apenas falam sobre o mundo).

Mas sobre Galileu era dito, por exemplo: “saímos e fazemos experimentos, e observamos”. Nós sabemos hoje que isso está completamente errado; que Aristóteles era muito melhor observador que Galileu; que muitos dos experimentos atribuídos a Galileu, ele nunca realizou; que Aristóteles, em comparação, foi muito bom observador da natureza.

Então a diferença entre a pré-ciência revolucionária e a pós-ciência revolucionária não era observação. Mas isso é exatamente na linha de pensamento da Epistemologia Genética, por que a Epistemologia Genética explicará por qual motivo uma trajetória assim [trajetória aristotélica] que nunca fora observada, que ninguém havia observado, que é muito fácil demonstrar que quando eu lanço um objeto ele faz algo como isso [trajetória parabólica] e não assim [como a linha anterior].

Entretanto, por que, ao contrário das evidências dos sentidos, você poderia manter algo do tipo?

Todos os argumentos fornecidos pela Psicogênese contra o Empirismo, contra a teoria empirista do conhecimento; você também pode descobrir que a história da ciência tem exatamente os mesmos tipos de provas contra o empirismo (“Isso nunca viria pela observação; isso nunca viria pela percepção”).

1 Pelo áudio da conferência e pelo contexto da argumentação, acreditamos que Dr. García traça duas linhas retas (uma horizontal e outra vertical) ao descrever a trajetória aristotélica do movimento do projétil.

Novamente, tentamos descobrir se existe algum tipo de informação que obtemos da Epistemologia Genética e se isso se aplica ou não na história da ciência. E nós encontramos que isso é um belo exemplo do que Piaget chamou de “*pseudonecessidade*”.

Por que Aristóteles pensou que a trajetória poderia ser dessa forma? Porque a observação de todas as pedras caindo (e qualquer outro objeto) mostravam sempre que eles caíam na direção vertical. Eu não vou detalhar, mas é bem claro mostrar que, em todo o raciocínio na interpretação das evidências empíricas a respeito de Aristóteles segue essa regra, encontrada por Piaget em *Psicogênese*, de que qualquer coisa que “é” dessa forma, é porque “deve” ser assim. Tudo que “é”, é porque “deve” ser.

Se você aplicar esta regra simples (que tudo que “é”, “deve” ser assim), você explica o porquê em muitas das asserções, que parecem absurdas, parecem ilógicas, mas você explica o porquê ele sustentava tal coisa.

Existe um outro tipo de similaridade, que algumas vezes é tomada apenas como evidência de como Aristóteles e as crianças pensam do mesmo jeito. E essa é a explicação do porquê um objeto (Obs: desenha na lousa), depois que abandona a mão continua em movimento.

Todos sabem que a teoria da antiperístase, promovida por Aristóteles (havia outras regras antes de Aristóteles, mas ele colocou de uma maneira muito mais avançada); em outras palavras, o objeto vai empurrando o ar, e o ar retorna, e empurra o objeto novamente. E isso (Obs: desenha na lousa) é o movimento do ar, primeiro produzido pelo corpo e depois voltando e empurrando o corpo. Essa teoria muito antes, na antiguidade, foi mostrada como completamente errada; pessoas trouxeram inúmeras provas, provas empíricas de que essa teoria estava errada.

Uma prova simples é que se você pega uma roda, e começa a girá-la, ela continua a girar; mas não há a possibilidade de o ar ir para trás; então essa explicação não se aplica às rodas; e isso foi descoberto por Filopono e outros filósofos na Grécia. O outro exemplo era quando você estava num barco e o barco continua depois de você terminar de empurrá-lo com o remo, então você sente o vento no rosto e não nas costas; qualquer um em pé em um barco sabe disso.

Então, por exemplo, Filopono escreveu uma série de argumentos contrários a Aristóteles, e isso foi no século V, entretanto você verá que essa teoria continuará até os séculos XIV e XV praticamente inalterada. Dessa forma, o problema não é que uma criança possa responder algo similar a isso, e a criança não vai mudar seu modo de pensar até que certas coisas aconteçam em sua mente, o problema é investigar, na história da ciência, por que uma teoria que é tão obviamente errada continuaria por séculos, sendo sustentada pelas melhores mentes na Europa.

Existe toda uma consideração sobre como as teorias são construídas e como elas resistem a evidência empírica; uma espécie de análise muito contrária a ideia de Karl Popper, de que se você tem um único exemplo negativo de uma teoria, então a teoria é destruída; toda a história da ciência evidencia que não é o caso, e que os mecanismos em ação para manter uma teoria viva são muito mais complexos que essa evidência a favor ou contrária.

Então esse tipo de mecanismos que temos que analisar, não por causa das respostas serem similares às respostas das crianças (não nos importamos com isso!); mas porque quanto se olha depois de algum tempo, de que forma os mais absurdos tipos de teorias, no entanto, escapam na história por séculos, mesmo com pessoas que são mais inteligentes e que consideram a pesquisa.

Esse tipo de pesquisa que deve ser feita, e essa a própria razão do porque estamos interessados nesse tipo de respostas na história da ciência e, novamente, sem se preocupar muito com o paralelismo ou não na resposta pré-científica. Nós olhamos para similaridades nos mecanismos.

O fato de sustentarmos algo contrário à evidência empírica, é algo comum entre a criança e o homem da ciência. E além do homem da ciência, isso não é apenas na ciência pré-revolução científica, você encontra hoje teorias científicas contrárias à evidência empírica que são sustentadas, e eles reconstruem a teoria para tentar cuidar da evidência empírica, que é claramente contrária ao que a teoria sustenta.

Então, isso é a coisa importante e, portanto, nós encontramos que as razões pelas quais esse esquema não é diferente em referência às razões pelas quais uma criança colocaria uma explicação contrária ao que nós consideramos ser uma óbvia matéria de fato. Por que uma criança manteria que algo está se movendo quando obviamente não está se movendo. Algo que ela sustenta muito fortemente que vai dizer: “Não importa, se move!”; porque de outra forma ela não pode explicar o que acontece, e ela assume que está se movendo.

Isso é bem conhecido por qualquer um que trabalhou na Teoria Psicogenética, mas o ponto é que isso é conhecido agora por qualquer um que trabalha na História da Ciência.

Talvez eu gostaria de adicionar nessa comparação, Newton e Piaget, o paralelismo é muito impressionante. Vocês sabem que Newton não foi aceito na Europa continental por muito tempo, levou trinta anos para ser aceito na França, e na França Newton não foi introduzido por um Físico mas por um Filósofo, por Voltaire; ele foi quem trouxe as ideias e obteve a tradução do livro de Newton. A razão era que pessoas importantes como Huygens, por exemplo, ou Leibniz, pensavam que Newton não estava fazendo física, que não era um Físico, que não estava fornecendo nenhuma explicação Física de fenômenos; ele estava apenas descrevendo matematicamente; descrevendo os fenômenos e não explicando os fenômenos.

Vocês todos sabem que em inúmeros artigos e livros, você percebe que Piaget não está explicando nada, está apenas descrevendo o que a criança faz, ou como ela opera. O paralelismo é muito impressionante (e eu acompanho isso em alguns detalhes, mas não é o momento para me referir a isso detalhadamente).

Agora, se nós vamos para um tipo totalmente diferente de exemplo, de forma a mostrar novamente como isso pode ser aplicado.

Vamos pegar um problema aqui, o problema da tematização, e eu o pego porque eu acredito que vai prover uma resposta direta para o que (Dieudonné) disse em seu discurso aqui em novembro.

Se você analisa o desenvolvimento da álgebra, você encontrará que o tema central, nos séculos XVII e XVIII, foi a solução de equações algébricas; e, em particular, o que se tornaria “O problema” foi a possibilidade de encontrar soluções com radicais para equações de quinto ou maior graus. Muitas pessoas trabalharam nisso e muitas pessoas trabalharam com certas fórmulas algébricas para encontrar certas propriedades dessas fórmulas. Você encontra um homem como Ruffini², por exemplo, que foi muito longe nessa teoria de equações e ele encontrou que certas propriedades da permutação das raízes de cada equação tem muito a ver com o tipo de solução que você pode ter, de uma forma ou de outra.

Então é muito simples hoje dizer: “Ah, o que Ruffini fez, foi apenas aplicar a teoria de grupos [...] ele sabia teoria de grupos. Podemos traduzir agora tudo o que Ruffini escreveu em termos da

²Paolo Ruffini

teoria de grupos e isso fica muito claro e muito simples, porque Ruffini não foi capaz de dar esse pequeno salto que parecia ser pequeno, historicamente [...] pequeno salto para ir dessa análise de permutações para grupos de permutações.

Nós encontramos a mesma coisa na análise de um fantástico livro escrito no século XVIII por Gauss³, talvez um dos grandes matemáticos de todos os tempos, “Disquisitiones Arithmeticae” (Pesquisas Aritméticas). Pela primeira Gauss analisa as propriedades de certas formas (fórmulas) como formas, pela primeira vez uma forma é tomada de maneira independente dos números e independente de qualquer exemplo particular. Ele pegou, por exemplo, uma forma como “ $ax^2+2bxy+cy^2$ ” que você representaria por “abc”, e pela primeira vez, se esquece dos números e tenta observar as propriedades dessas formas; ele encontra, por exemplo, que existe uma quantidade que provê todas as propriedades dessa forma e ele descobre que essa quantidade define todas as formas que são equivalentes e assim por diante. Então, ele é capaz de encontrar isso transformando essa forma que tem variáveis x, y, z em uma nova forma com variáveis x_1, y_1, z_1 , e esse tipo de coeficientes e encontra todas as possíveis transformações de uma forma na outra e tenta mostrar que certos números podem ser representados por uma forma como essa provendo valores para o desconhecido, uma vez que a, b, c são dados, tenta observar todas as formas que podem representar os mesmos números e desenvolve uma fantástica teoria e, em adição, pela primeira vez ele seria capaz de falar sobre composição de formas; não apenas operações com números (adições ou multiplicações), composições de formas como formas. Foi a primeira vez na história da matemática que a forma foi considerada de maneira tão independente do conteúdo numérico.

E, novamente, hoje nós poderíamos transferir toda a ideia dessa análise de formas, isso é um grupo, um grupo abeliano, o que Gauss estava preocupado nós podemos chamar facilmente de teoria dos grupos, a questão é porque Gauss não fez; podemos dizer “o” grande matemático de todos os tempos, por que ele não deu esse pequeno salto?

O problema é que você pode acreditar que, naquele caso (Dieudonné ataca nesse sentido) [...] ele levou um longo tempo para reanalisar os métodos de análise e os métodos de demonstração e assim por diante. Nós acreditamos que o problema é um pouquinho diferente, e o norte para mostrar isso eu acredito que seja uma boa ideia ir ao homem que realmente forneceu a ideia de grupo pela primeira vez, que realmente descobriu a primeira estrutura em matemática, que foi Galois⁴. É extremamente interessante, e eu não vou entrar em detalhes agora, mas gostaria de mencionar isso em referência. Quando Galois desenvolveu seu artigo (seu mais famoso artigo, escrito um pouco antes de sua morte) ele chega a ideia de grupo, de uma maneira muito gradual, mas a palavra grupo veio do verbo “grouper”⁵, e antes de usar a palavra grupo no seu livro ele diz algo desse tipo (ele fala sobre permutação e substituição que poderiam ser feitas com as raízes de equações) e, pela primeira vez ele diz: “*Cependant, comme on ne peut guère se former l’idée d’une substitution sans se former celle d’une permutation, nous ferons dans le langage un emploi fréquent des permutations, et nous ne considérons les substitutions que comme le passage d’une permutation à une autre. Quand nous voudrions grouper des substitutions, nous les ferons toutes provenir d’une même permutation*” (Galois, 1846).⁶

3 Johann Carl Friedrich Gauss - matemático, astrônomo e físico alemão.

4 Évariste Galois - matemático francês.

5 “Se grouper”: agrupar.

6 Journal de mathématiques pure et appliquées (Journal de Liouville), Tome XI, année 1846, p. 419.

PT: *[Entretanto, como dificilmente podemos formar a ideia de uma substituição sem formar a de uma permutação, faremos, na linguagem, um uso frequente de permutações, e consideramos as substituições apenas como a passagem de uma permutação para outra. Quando quisermos agrupar substituições, faremos com que todas elas venham da mesma permutação.]*

Ele escreve dessa forma, e é muito claro o processo de colocar juntas certas coisas e então um tipo de reflexão naquilo que ele obteve, e a estrutura de grupo surge pela primeira vez. Esse processo é muito surpreendentemente similar ao que foi descrito na Epistemologia Genética como o processo da abstração reflexiva como um instrumento, e também o processo de ir do “uso” de um conceito, da utilização desse conceito sem ter consciência do seu significado ou do que é para a tematização desse conceito, em outras palavras, fazer desse conceito um objeto de reflexão, um objeto de pensamento.

Eu acredito que a teoria de grupos, particularmente quando você segue o desenvolvimento de Galois até Klein, por exemplo, quando Klein é quem arranja todos os tipos de geometrias que estavam se tornando um caos, e mostra esse belo arranjo dentro da teoria de grupos; eu acredito se você seguir esse processo de desenvolvimento, você encontra, em um nível muito alto de abstração [...].

ANEXO I – Produção Acadêmica (LaPEF)

Fonte:

LAPEF. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física. Dissertações. São Paulo [201?]. Disponível em: <<https://lapefísica.wordpress.com/dissertacoes/>>. Acesso: 19 maio 2019.

Dissertações de Mestrado

1982

Sonia Krappas Teixeira. *O estudo das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos a luz em alunos de 11-18 anos.* 1982. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1983

Maria Lúcia Vital dos Santos Abib. *A interferência do nível de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de um conteúdo de física.* 1983. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Antonio de Paula Salvetti Filho. *Uma estrutura para um projeto de ensino de física centrado no conceito de campo.* 1983. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Alberto Gaspar. *Uma nova proposta curricular de física para o ensino de 2o grau.* 1983. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1985

Odete Pacubi Baiarl Teixeira. *Desenvolvimento do conceito de velocidade: um estudo a partir de questões típicas da sala de aula.* 1985. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1986

Adriano Rodrigues Ruiz. *Ensino do conceito de proporcionalidade.* 1986. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1987

Carlos Eduardo Laburu. *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes.* 1987. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Luiz Gomes. *Caracterização de alunos ingressos nos cursos de licenciatura em ciências e engenharia civil, da UEFS, suas habilidades matemáticas e lógicas e seu conhecimento em física, em relação ao seu perfil sócio-econômico.* 1987. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Maria Inês Boldrin. *Resolução de problemas aritméticos simples envolvendo adição e subtração por escolas de 1ª série; influência da manipulação de material.* 1987. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho

1989

Dirceu da Silva. *Um estudo psicogenético da velocidade angular e a construção de seu ensino.* 1989. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Luiz Macione. *A construção de um conhecimento em uma atividade de grupo.* 1989. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Gilmar da Silva Trivelato. *Conservação e modelo corpuscular: um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria.* 1989. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1991

Maria Elisa Resende Gonçalves. *O conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau.* 1991. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Lucila Bechara Sanchez. *O desenvolvimento da noção de semelhança na resolução de questões de ampliação e redução.* 1991. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1993

Ruth Schmitz de Castro. *História e epistemologia de ciência: investigando suas contribuições num curso de física de 2º grau.* 1996. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ruth Ribas Itacarambi. *A resolução de problemas de geometria na sala de aula, numa visão construtivista.* 1993. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Trivelato Junior. *Noções e concepções de crianças e adolescentes sobre decompositores: fungos e bactérias.* 1993. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Renato Eugênio da Silva Diniz. *A experimentação e o ensino de ciências no 1º grau: analisando a experimentoteca da 7ª série.* 1993. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Federal de São Carlos. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Coorientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

1996

Flávia Maria Teixeira Dos Santos. *Do ensino de ciências como Mudança conceitual à fronteira de uma abordagem afetiva.* 1996. Dissertação de Mestrado em Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Terezinha de Fátima Pinheiro. *Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula aa 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão.* 1996. Dissertação de Mestrado em Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Marcelo Alves Barros. *Evolução das concepções dos estudantes secundários sobre a visão em situação de ensino.* 1996. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1997

Andréa Infantsi Vannucchi. *História e filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula.* 1997. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2000

Renato Casal del Rey. *Um estudo da causalidade física em atividades de ensino.* 2000. Dissertação (de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Sandra Carpinetti Tinoco. *A mudança nas concepções dos professores sobre aprendizagem de ciências.* 2000. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2001

Maria Inês Ribas Rodrigues. *Professores Pesquisadores: Reflexão e a Mudança Metodológica no Ensino da Termodinâmica.* 2001. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Carlos Daniel Ofugi Rodrigues. *A inserção da teoria da relatividade no ensino médio.* 2001. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2002

Aurea Bottecchia Cilurzo. *Parceria universidade escola: da retórica à realidade: uma escuta na sua conversa.* Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Francisco Custódio Filho. *O Princípio de conservação de energia e a modelização em situações físicas.* 2002. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2003

Viviane Briccia do Nascimento. *Visões de ciências e ensino por investigação.* 2003. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Carla M Alvarenga de Oliveira. *Escrevendo em aulas de ciências.* Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Gonsales Filho. *Formação permanente de professores: uma prática transformadora para a educação infantil.* 2003. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Marcelo dos Santos Silvério. *Concepções sobre matemática e educação matemática de professoras das séries iniciais do ensino fundamental.* 2003. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2004

Thais Cortellini Abrahão. *A formação de professores de ciências para o ensino fundamental.* 2004. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo. Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ana Maria da Silva Arruda. *Professores Formadores: formação, concepções e ações.* 2004. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Ilza Fernandes de Souza. *Autonomia de professores e formação continuada: perspectiva de integração universidade e escola.* 2004. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Leonardo André Testoni. *Um corpo que cai: as histórias em quadrinhos no ensino de física.* 2004. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2005

Luciana Sedano de Souza. *Ensino de ciências e formação da autonomia moral.* 2005. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Lúcia Helena Sasseron Roberto. *Em busca de influências culturais na investigação e na explicação de atividades de CF por alunos indígenas.* 2005. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Instituto de Física (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ernani Fernandes Moreira. *Ensino por investigação: Ensinando a aprendendo a Cultura da Ciência.* 2005. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Guilherme de Oliveira Brockington. *A realidade escondida: representações físicas do microcosmo para estudantes do ensino Médio.* 2005. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Alexandre Silva. *Reflexões sobre a influência do pensamento cartesiano na educação matemática.* 2005. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Wania Tedeshi. *O Ensino de Cálculo na Formação de Professor das áreas de Exatas: o olhar dos alunos.* 2005. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2006

Rogério José Locatelli. *O raciocínio hipotético preditivo e o pensamento proporcional no ensino de Ciências.* 2006. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Alex Bellucco do Carmo. *Contemplando a cultura científica na sala de aula: um olhar sobre os alunos.* 2006. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ivã Gurgel. *O papel da Imaginação no Entendimento dos Alunos.* 2006. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Maxwell Roger da Purificação Siqueira. *Do visível ao indivisível: uma proposta de ensino de Física de Partículas Elementares para Educação Básica.* 2006. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Wellington Batista Souza. *Transpondo o conteúdo de Radiações para a Física do Ensino Médio.* 2006. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Elio Carlos Ricardo. Coorientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2007

Estevam Rouxinol dos Santos. *A história da Física no Brasil e o ensino de Ciências.* 2007. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Carlos Alberto De Oliveira Magalhães Júnior. *O Currículo e a Formação de Professores de Ciências do Ensino Fundamental dos Estados do Paraná e São Paulo.* 2007. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Mônica Abrantes de Oliveira Galindo. *Melhoria do ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: contribuições e limites de um projeto colaborativo.* 2007. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2008

Maria Cristina Paternostro Stella Azevedo. *Situações de ensino – aprendizagem: análise de uma sequência didática de física a partir da teoria das situações de Brousseau.* 2008. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Jackson Neo Padilha. *O uso das palavras e gestos durante a construção dos conceitos de sombras e reflexão nas aulas de conhecimento Físico.* 2008. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Alfonso Gómez Paiva. *O ensino de ciências e o currículo em ação de uma professora polivalente.* 2008. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Maria Nizete Azevedo. *Pesquisa-ação e atividades investigativas na docência em ciências.* 2008. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2009

João Freitas da Silva. *Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de física.* 2009. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ivete Maria dos Santos. *Reformulação Curricular no Curso de Licenciatura em Química: fatores que contribuem para a configuração de um processo inovador.* 2009. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Daniela Fiorini da Silva. *O ensino em uma abordagem CTS: evoluções nas concepções de futuros professores de física.* 2009. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2010

Nelson Barrelo Júnior. *Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática da Física moderna.* 2010. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Eduardo Biasoto. *A resolução de problemas experimentais como forma de construção de conceitos de física.* 2010. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Josias Rogerio Paiva. *Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos.* 2010. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2011

Amanda Mendes Afonso. *Alfabetização científica dos alunos e as ações do professor que corroboram com este processo.* 2011. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

2012

Vitor Fabricio Machado Souza. *A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física.* 2012. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Talita Raquel Luz Romero. *Modelos e Explicações: A Apropriação de Entidades Científicas e o Uso Que Os Alunos Fazem Delas.* 2012. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Helder Antonio de Freitas. *Saberes pedagógicos computacionais e sua elaboração na prática.* 2012. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2013

Elcio de Souza Lopes. *E o elétron? É onda ou partícula? Uma proposta para promover a ocorrência da Alfabetização Científica de Física Moderna e Contemporânea em estudantes do Ensino Médio.* 2013. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

2014

Andrey Guilherme Fernandes e Almeida. *As ideias balizadoras necessárias para o professor planejar e avaliar a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa.* 2014. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Lucélia Aparecida Letta. *As ações do professor no ensino fundamental I ao aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI).* 2014. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade –

Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Jorge Luiz Nicolau Junior. *Estrutura didática baseada em fluxo: relatividade restrita para o ensino médio.* 2014. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2015

Arthur Tadeu Ferraz. *Propósitos Epistêmicos Para A Promoção Da Argumentação Em Aulas Investigativas De Física.* 2015. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Tadeu Nunes De Souza. *Engajamento Disciplinar Produtivo E O Ensino Por Investigação: Estudo De Caso Em Aulas De Física No Ensino Médio.* 2015. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade – Física). Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Helena Lobo Freiberg. *Elementos Catalisadores Para A Promoção Da Negociação De Sentidos.* 2015. Dissertação de Mestrado Em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Lúcia Helena Sasseron.

Aline Ribeiro Sabino. *Saberes Docentes Desenvolvidos Na Inserção De Física Moderna No Ensino Médio: Um Estudo De Caso.* 2015. Dissertação de Mestrado Em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto De Oliveira.

Teses de Doutorado

1989

Moacyr Ribeiro do Valle Filho. *As concepções de crianças e adolescentes sobre alterações do movimento dos corpos.* 1989. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1990

Roberto Nardi. *Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo.* 1990. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1992

Manoel Oriosvaldo de Moura. *A construção do signo numérico em situação de ensino.* 1992. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1993

Carlos Eduardo Laburu. *A Construção do Conhecimento em Sala de Aula.* 1993. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Marli da Silva Santos. *A metodologia de resolução de problemas como atividade de investigação: um instrumento de mudança didática.* 1993. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Odete Pacubi Baierl Teixeira. *Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual.* 1993. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1994

Eduardo Fleury Mortimer. *Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais.* 1994. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1995

Dirceu da Silva. *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura.* 1995. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1997

Maria Lúcia Vital dos Santos Abib. *A construção de conhecimentos sobre ensino na formação do professor de física: “agora, nós já temos as perguntas”.* 1997. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Maria Elisa Resende Gonçalves. *As atividades de conhecimento físico na formação do professor das séries iniciais.* 1997. Tese de outorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

1998

Deise Miranda Vianna. *Do Fazer ao Ensinar Ciências.* 1998. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Marta Maria Darsie. *A reflexão distanciada na construção dos conhecimentos profissionais do professor em curso de formação.* 1998. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2000

José de Pinho Alves Filho. *Atividade experimental: do método à prática construtivista.* 2000. 302 f. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2001

Maria da Conceição Barbosa Lima. *Explique o que tem nessa história.* 2001. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Nelson Rui Ribas Bejarano. *Tornando-se professores de Física.* 2001. Tese de Doutorado em Educação. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2002

Adriana Mohr. *A natureza da educação e saúdeno Ensino Fundamental e os professores de ciências.* 2002. 252 f. Tese de Doutorado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2003

Terezinha de Fátima Pinheiro. *Sentimento de realidade e afetividade cognição no ensino de ciências.* 2003. 273 f. Tese de Doutorado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2004

Maria Cândida Varone de Moraes Capecchi. *Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física.* 2004. 264 f. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

2005

Sandra Carpinetti Tinoco. *A Reflexão crítica na prática do professor pesquisador.* 2005. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Rosana dos Santos Jordão. *Tutoria e Pesquisa-ação no Estágio Supervisionado: Contribuições para a Formação de Professores de Biologia.* 2005. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2006

Maria Inês Ribas Rodrigues. *Aspectos do Desenvolvimento Profissional dos Formadores de Professores de Ciências: no contexto de integração – Universidade, Diretorias Regionais de Ensino e Escolas.* 2006. 248 f. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2007

Dulce Maria Strieder. *As relações entre a cultura científica e a cultura local na fala dos professores: um estudo das representações sobre o ensino de ciências em um contexto teuto-brasileiro.* 2007. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

José Francisco Custódio Filho. *Explicando explicações na educação científica: Domínio Cognitivo, Status afetivo e Sentimento de Entendimento.* 2007. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Coorientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Maria Lúcia Vinha. *Criatividade em ação: roteiros de animações virtuais elaborados por alunos de ensino médio em Física.* 2007. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Luís Paulo Piassi. *A ficção científica eo ensino de ciências.* 2007. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2008

Viviane Briccia Nascimento. *Competências docentes em um projeto de inovação para a educação científica.* 2008. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Lúcia Helena Sasseron Roberto. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula.* 2008. Tese de Doutorado Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Gisnaldo Amorim Pinto. *Concepções no campo do ensino de ciências nos livros literários de divulgação científica.* 2008. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Tania Terezinha Bruns Zimer. *Aprendendo a ensinar matemática nas séries iniciais do ensino fundamental.* 2008. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2009

Carla Marques Alvenga de Oliveira. *Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências.* 2009. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Thaís Cyrino de Mello Forato. *Definindo parâmetro na transposição didática da história da ciência para o ensino de ciências: um estudo de caso a partir da teoria do éter luminífero no século XIX.* 2009. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Maria Antonia Ramos de Azevedo. *Os saberes de orientação dos professores formadores: desafios para ações tutoriais emancipatórias.* 2009. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2010

Luciana Sedano de Souza. *Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências.* 2010. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Ivã Gurgel. *Elementos de uma poética da ciência: fundamentos teóricos e implicações ao ensino de ciências.* 2010. Tese (Doutorado em Doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Márlon Caetano Ramos Pessanha. *Estrutura da Matéria na Educação Secundária: Obstáculos de Aprendizagem e o Uso de Simulações Computacionais.* 2010. Tese de Doutorado em Ensino de ciências. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Viviane R. Alves de Moraes. *Estágio e supervisão ecológica: crenças e saberes na aprendizagem da docência.* 2010. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2011

Guilherme Brockington. *Neurociência e educação.* 2011. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

2012

Sidnei Pércia da Penha. *Atividades sociocientíficas em sala de aula: de física: as argumentações dos estudantes.* 2012. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Maxwell Roger da Purificacao Siqueira. *Obstáculos e Saberes de professores de física no contexto de inovação com a Física Moderna e Contemporânea: Um Estudo de Caso.* 2012. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Ricardo Avelar Karan. *A matematização e estruturação do pensamento em Física: implicações para os processos de ensino e aprendizagem.* 2012. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Fabiana Botelho Kneubil. *O Percurso Epistemológico de um Saber de Referência: A Transposição Didática da Noção de Energia Relativística para Cursos de Formação Inicial para Professores de Física.* 2012. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Mônica Abrantes Galindo. *O professor da escola básica e o estágio supervisionado: sentidos atribuídos e a formação inicial docente.* 2012. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2013

Nizete Maria Azevedo. *Mediação discursiva docente e os motivos de aprendizagem e desenvolvimento profissional em ciências.* 2013. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Ariane Baffa Lourenço. *Saberes docentes de argumentação: dinâmicas de desenvolvimento na formação inicial de professores de ciências.* 2013. Tese de Doutorado em Interunidades em Ensino de Ciências. Instituto de Física –Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Leonardo André Testoni. *Caminhos criativos e a elaboração de saberes pedagógicos do conteúdo na formação inicial de professores de física.* 2013. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

Alexander Montero Cunha. *Saberes experienciais e estágio investigativo na formação inicial de professores de física.* 2013. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2014

Milton Thiago Schivani Alves. *Contextualização no Ensino de Física à luz da Teoria Antropológica do Didático: o caso da robótica educacional.* 2014. Tese de Doutorado em Ensino de ciências. Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientador: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira.

Yara Araújo Ferreira Guimarães. *Identidade curricular na formação inicial de professores de física.* 2014. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências. Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Maria Lucia Vital dos Santos Abib.

2015

Alex Bellucco do Carmo. *Argumentação matemática em aulas investigativas de física.* 2015. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Tatiana Schneider Vieira. *O desenvolvimento de processos de investigação científica para 1 ano do ensino fundamental.* 2015. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Josias Rogerio Paiva. *Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar.* 2015. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Nelson Barrelo Júnior. *Promovendo a argumentação em sala de aula de física moderna e contemporânea – uma sequência de ensino investigativa e as interações professor-alunos.* 2015. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências. Instituto de Física – Faculdade de Educação (Universidade de São Paulo). Orientadora: Anna Maria Pessoa de Carvalho.