

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA
DOUTORADO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA

**UM ESTUDO DE CASO SOBRE A ATUAÇÃO DE LICENCIANDOS EM
FÍSICA DA UFF, PARTICIPANTES DO PROGRAMA PIBID,
EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.**

MARCELO CORDEIRO FONTE BOA

Rio de Janeiro
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA
DOUTORADO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA

**UM ESTUDO DE CASO SOBRE A ATUAÇÃO DE LICENCIANDOS EM
FÍSICA DA UFF, PARTICIPANTES DO PROGRAMA PIBID,
EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.**

MARCELO CORDEIRO FONTE BOA

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ensino e História da Matemática e da Física.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Simões de Sá Martins

Rio de Janeiro
2022

CIP - Catalogação na Publicação

F682e Fonte Boa, Marcelo C.

UM ESTUDO DE CASO SOBRE A ATUAÇÃO DE LICENCIANDOS EM FÍSICA DA UFF, PARTICIPANTES DO PROGRAMA PIBID, EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. / Marcelo Cordeiro Fonte Boa. -- Rio de Janeiro, 2022.

241 f.

Orientador: Jorge Simões de Sá Martins.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, 2022.

1. Ensino de Física. 2. PIBID. 3. Educação Básica. 4. PCK. 5. Formação de Professores. I. Simões de Sá Martins, Jorge, orient. II. Título.

MARCELO CORDEIRO FONTE BOA

**UM ESTUDO DE CASO SOBRE A ATUAÇÃO DE LICENCIANDOS EM
FÍSICA DA UFF, PARTICIPANTES DO PROGRAMA PIBID,
EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ensino e História da Matemática e da Física.

Data de aprovação: 02/12/ 2022.

Banca Examinadora:



Presidente: Prof. Dr. Jorge Simões de Sá Martins (orientador)
UFF / PEMAT-UFRJ / School of Education (University of Colorado)

Assinatura dispensada (Res. CEPG/UFRJ n° 03/2019)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar, PEMAT-UFRJ

Assinatura dispensada (Res. CEPG/UFRJ n° 03/2019)

Prof. Dr. Antonio Carlos Fontes dos Santos, PEMAT-UFRJ

Assinatura dispensada (Res. CEPG/UFRJ n° 03/2019)

Prof. Dr. Paulo Murilo Castro de Oliveira, IF-UFF

Assinatura dispensada (Res. CEPG/UFRJ n° 03/2019)

Prof. Dr. Thadeu Josino Pereira Penna, UFF/VFI

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho aos companheiros que labutam na área da Educação acreditando, como eu, que ela é a chave para a melhoria da qualidade de vida no planeta. Afinal é com a Educação que conseguimos competência nas profissões, compreensão e fraternidade nas relações, e principalmente respeito ao próximo que conosco avança e com o qual devemos conviver em harmonia e cooperação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de ter conseguido alcançar mais esse objetivo. Embora o tenha feito já com certa idade, porém mantendo a esperança de que o presente trabalho possa beneficiar a quem labute na mesma seara, ainda que seja por alguma singela contribuição aqui registrada, fruto de nossa experiência.

Agradeço ao meu Orientador, prof. Dr. Jorge Simões de Sá Martins, pela paciência e força com as quais sempre me brindou em nossas interações, se constituindo em verdadeiro marco nessa minha trajetória. Certamente uma inspiração, tanto na profissão quanto na vida.

Agradeço aos amigos, tanto de dentro quanto de fora do ambiente acadêmico, que sempre me estimularam a permanecer na trilha, apesar de todos os momentos nos quais pensei em desistir.

Agradeço a todos que contribuíram para que eu aqui chegasse, cujos nomes não caberiam nestas páginas, mas que certamente sabem de sua importância nessa minha trajetória, e que serão aqui representados pelo amigo e prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar, que nos idos de 2014/2015, apesar da minha idade, me persuadiu a ingressar no recém-criado Doutorado em Ensino e História da Matemática e da Física no Instituto de Matemática da UFRJ.

E para finalizar estes agradecimentos, não poderia deixar de registrar um agradecimento especial à minha família, em particular à Anna Julia pela força para a conclusão dessa tarefa, mas principalmente quero agradecer à minha esposa, Gilmara Alves Viana Fonte Boa, e à minha “filhastra”, Maria Cecília Viana Alves, não só pela força que sempre me deram, mas sobretudo pela compreensão quanto aos momentos que lhes foram tomados nessa incursão que ora finalizo.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES	x
ÍNDICE DE TABELAS	x
ABREVIATURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1. REFLEXÕES E CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REFLEXÕES	3
2.1. CURIOSIDADE, MAGIA, CIÊNCIA E MOTIVAÇÃO	4
2.2. A INSTITUIÇÃO ESCOLA E SEU PARADIGMA	6
2.3. BREVE RELATO SOBRE O PROJETO GALERA DA FÍSICA	7
2.4. A ÁREA DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA	10
2.5. REFLETINDO COM FEYNMAN	12
2.6. EMPATIA E AFETIVIDADE	13
2.7. O ESTEREÓTIPO DA FÍSICA	14
2.8. A PREOCUPAÇÃO COM A LINGUAGEM	15
2.9. O USO DA MATEMÁTICA	16
2.10. NÍVEL E OBJETIVO	17
2.11. A MODELAGEM	19
2.12. A TECNOLOGIA.....	22
2.13. A BUSCA PELO NOVO	25
2.14. O USO DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA	29
3. OUTROS PONTOS A DESTACAR	30
3.1. A EVOLUÇÃO DE NOSSA PROPOSTA	30
3.2. O PIBID E OS PIBIDIANOS	31
3.3. NOSSO PONTO DE VISTA.....	32
3.4. UMA QUESTÃO SOBRE A INVESTIGAÇÃO	33
3.5. OUTROS OMBROS.....	36
4. NOSSA BUSCA NESTA INVESTIGAÇÃO	38
4.1 NOSSO OBJETIVO E QUESTÃO DE PESQUISA	39

CAPÍTULO 2. EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA ACUMULADA	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. BREVE CRONOLOGIA	42
3. DIREÇÃO PEDAGÓGICA DE UMA ESCOLA EXPERIMENTAL	50
4. UM EXEMPLO DE REESTRUTURAÇÃO POSSÍVEL	52
CAPÍTULO 3. O PROJETO GALERA DA FÍSICA	54
1. BREVE RELATO	55
2. SINGULARIDADES DO PROJETO	56
3. ABORDAGEM E DISTRIBUIÇÃO DOS ASSUNTOS	59
3.1. O VOLUME DE MECÂNICA	59
3.2. O VOLUME DE TERMOLOGIA E ÓPTICA	66
3.3. O VOLUME DE ELETRICIDADE E ONDAS	70
4. OS KITS EXPERIMENTAIS	75
5. O SITE WWW.GALERADAFISICA.COM.BR (HOJE DESATIVADO).....	76
6. O FOLHETIM.....	77
7. A METODOLOGIA PROPOSTA	78
8. A ESTRATÉGIA	79
8.1. O ANTES	79
8.2. O DURANTE	79
8.3. O DEPOIS	80
CAPÍTULO 4. CONTRIBUIÇÕES DE ÁREAS AFINS	82
1. INTRODUÇÃO	83
2. A APRENDIZAGEM	84
2.1. DAS CONTRIBUIÇÕES BEHAVIORISTAS (OU COMPORTAMENTALISTAS)	87
2.2. DAS CONTRIBUIÇÕES COGNITIVISTAS	89
2.3. DAS CONTRIBUIÇÕES HUMANISTAS	97
3. REPERTÓRIO DOCENTE: SABERES E CONHECIMENTOS.....	98
3.1. SABER DOCENTE E HABITUS PROFESSORAL	101
3.2. CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO	104
3.3. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	119
CAPÍTULO 5. ESTRATÉGIA E METODOLOGIAS.....	121
1. INTRODUÇÃO	122
2. DELINEANDO A INVESTIGAÇÃO	122

3. A ESTRATÉGIA ADOTADA	124
4. A QUESTÃO METODOLÓGICA	126
5. A METODOLOGIA DA PESQUISA	127
5.1. OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE	127
5.2. ANÁLISE DOCUMENTAL	128
5.3. OS CENÁRIOS DE OBSERVAÇÃO	129
5.4. ENTREVISTAS	131
6. A METODOLOGIA DO TRABALHO COM OS PIBIDIANOS	132
7. A METODOLOGIA DO TRABALHO COM OS ALUNOS	132
CAPÍTULO 6. COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	135
1. INTRODUÇÃO	136
2. A COLETA DE DADOS	138
3. AS EVIDÊNCIAS	139
4. NOSSA ANÁLISE	147
CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	148
1. INTRODUÇÃO	149
2. CONCLUSÕES	151
3. PERSPECTIVAS	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
ANEXO A: IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES	167
ANEXO B: TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	170
ANEXO C: EVOLUÇÃO DAS IDEIAS SOBRE A RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO.....	188
ANEXO D: EXEMPLO DO MATERIAL PRODUZIDO	199
ANEXO E: EXEMPLO DE PCK NARRADO POR UM PIBIDIANO	208
ANEXO F: ENTREVISTAS	219
ANEXO G: RESULTADO DOS ALUNOS	224

ÍNDICE DE FIGURAS

Página 72	Imagem da capa do FOLHE _{TM} , o jornalzinho da Galera da Física, nº 18, ano II. OUT a DEZ de 2000.
Página 81	Figura 1: Um esquema tentativo para os principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino.
Página 84	Figura 2: Representação do processo de aprendizagem segundo a psicogenética de Piaget
Página 105	Figura 3: Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação proposto por Shulman e adaptado por Salazar
Página 106	Figura 4: Modelo de conhecimento de professores
Página 107	Figura 5: Domínios dos conhecimentos de professores de ciências
Página 108	Figura 6: Domínios dos conhecimentos de professores de ciências
Página 109	Figura 7: Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências
Página 111	Figura 8: Modelo consensual de PCK no ensino de ciências da cúpula do PCK

ÍNDICE DE TABELAS

Página 104	Tabela 1 - modelo de raciocínio pedagógico e ação de Shulman
------------	--

ABREVIações

BITCEN	Bureau de Informática e Tecnologia do Centro Educacional de Niterói
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CALTECH	California Institute of Technology
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDROM	<i>Compact Disc Read Only Memory</i>
CEAT	Centro Educacional Anísio Teixeira
CEN	Centro Educacional de Niterói
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro
DJs	<i>Disc Jockey</i>
DVD	<i>Digital Video Disc</i>

EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
FAPERJ	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
Fiocruz-MS	Fundação Oswaldo Cruz - Mato Grosso do Sul
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FnE	Revista “A Física na Escola” publicada pela Sociedade Brasileira de Física
FUBRAE	Fundação Brasileira de Educação
GPEF-UFF	Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da Universidade Federal Fluminense
IF-UFF	Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense
IFUSP	Instituto de Física da Universidade de São Paulo
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MRPA	Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação
MRPA	Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCK	<i>Pedagogical Content Knowledge</i> (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo)
PCK	Pedagogical Content Knowledge (Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo)
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PET	Physics Everyday Thinking™
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PSSC	Physical Science Study Committee
QED	Quantum electrodynamics
QI	Quociente de Inteligência
RH	Recursos Humanos
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
SOLE	Self-Organised Learning Environments
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UEBCEN	Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNA-SUS	Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde
UnB	Universidade de Brasília

RESUMO

Esse trabalho apresenta um estudo de caso sobre a atuação de Licenciandos em Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), que participaram do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), os *pibidianos* como passamos a denominá-los, nas aulas de Física de turmas de Ensino Médio em duas escolas públicas da cidade de Niterói/RJ. Objetivávamos verificar se o trabalho realizado com eles nos encontros semanais de preparação e integração do grupo, se refletiriam em incrementos motivacionais e no empoderamento dos mesmos, e se a motivação e o empoderamento se propagariam para as turmas nas quais os pibidianos atendiam. Adicionalmente apresenta considerações e reflexões relevantes para o magistério da Física, bem como a experiência acumulada em nossa trajetória ao longo de quatro décadas dedicadas ao Ensino de Física na Educação Básica, o projeto Galera da Física, com o qual desenvolvemos singular proposta de Ensino com contribuições significativas e singulares; além de uma abrangente revisão de literatura, que além de fundamentar as ideias e encaminhamentos que defendemos, serve de referência para professores iniciantes tanto quanto professores em formação.

Palavras-Chave: Ensino de Física; PIBID; Educação Básica; PCK; Formação de Professores

ABSTRACT

This paper presents a case study on the performance of undergraduates in Physics at the Fluminense Federal University (UFF), who participated in the Institutional Program of Scholarships for Teaching Initiation (PIBID), the pibidians as we came to call them, in Physics classes of high school in two public schools in the city of Niterói/RJ. We aimed to verify whether the work carried out with them in the weekly preparation and integration meetings of the group would be reflected in motivational increments and in their empowerment, and if the motivation and empowerment would spread to the classes in which the pibidians worked. Additionally, it presents considerations and reflections relevant to the teaching of Physics, as well as the experience accumulated in our trajectory over four decades dedicated to the Teaching of Physics in Basic Education, the Galera da Física project, with which we have developed a teaching proposal with contributions significant and unique; in addition to a comprehensive literature review, which, in addition to substantiating the ideas and guidelines we advocate, serves as a reference for beginning teachers as well as teachers in training.

Keywords: Physics Teaching; PIBID; Basic education; PCK; Teacher training

CAPÍTULO 1

REFLEXÕES E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

(...) o que devemos ensinar primeiro? Devemos ensinar a lei correta, mas desconhecida, com suas ideias conceituais estranhas e difíceis, por exemplo, a teoria da relatividade, o espaço-tempo quadridimensional e assim por diante? Ou devemos primeiro ensinar a simples lei da 'massa constante', que é apenas aproximada, mas não envolve ideias tão difíceis? A primeira é mais empolgante, mais maravilhosa e mais divertida, mas a segunda é mais fácil de entender primeiro e é o primeiro passo para uma compreensão real da segunda ideia. Este ponto surge de novo e de novo no ensino da física. Em momentos diferentes, teremos que resolvê-lo de maneiras diferentes, mas em cada estágio vale a pena aprender o que é agora conhecido, quão preciso ele é, como se encaixa em tudo o mais e como pode ser modificado quando aprendemos mais. (...)¹ (grifo nosso)

Richard P. Feynman

¹ [FEYNMAN, 1963] (tradução nossa).

1. INTRODUÇÃO

Antes de tudo, queremos registrar que embora as ideias que defendemos tenham sido buriladas durante o doutorado, principalmente após nosso exame de qualificação, elas vieram amadurecendo ao longo das quatro décadas dedicadas ao Ensino da Física na Educação Básica.

As reflexões e considerações, deste e demais capítulos, visam facilitar a compreensão dessas ideias e apresentar nossa perspectiva quanto ao Ensino de Física na Educação Básica.

Visam ainda subsidiar nossa argumentação em defesa da investigação que fizemos e dos resultados obtidos, razão pela qual incluímos os capítulos Experiência Pedagógica Acumulada e Projeto Galera da Física, estruturando o presente trabalho da seguinte forma:

➤ **CAPÍTULO 1. REFLEXÕES E CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O presente capítulo apresenta nossas reflexões e considerações iniciais, tratando das questões de interesse, apresentando ainda parte da literatura de referência que auxilia a fundamentação dos conceitos e pontos de vista que defendemos, bem como, permite uma visão geral do trabalho de investigação, objetivos e a questão de pesquisa.

➤ **CAPÍTULO 2. A EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA ACUMULADA**

Apresenta breve relato sobre nossas vivências na área da Educação e das concepções incorporadas ao longo de nossa trajetória.

➤ **CAPÍTULO 3. O PROJETO GALERA DA FÍSICA**

Apresenta o Projeto Galera da Física com o qual desenvolvemos e ratificamos conceitos e concepções quanto ao Ensino de Física na Educação Básica.

➤ **CAPÍTULO 4. CONTRIBUIÇÕES DE ÁREAS AFINS**

Amplia a literatura de referência, complementando reflexões e considerações com perspectivas advindas de contribuições das áreas afins.

➤ **CAPÍTULO 5. ESTRATÉGIA E METODOLOGIAS**

Apresenta a estratégia empregada, define contextos e detalha as metodologias utilizadas.

➤ **CAPÍTULO 6. COLETA E ANÁLISES DE DADOS**

Apresenta as evidências obtidas a partir das observações realizadas e dos dados coletados, bem como as análises produzidas a partir desse conjunto.

➤ **CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS**

Apresenta nossas conclusões e possibilidades para futuro desenvolvimento.

➤ **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

➤ **ANEXOS**

✓ **A: IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES**

✓ **B: TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

✓ **C: EVOLUÇÃO DAS IDEIAS SOBRE A RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO**

✓ **D: EXEMPLO DO MATERIAL PRODUZIDO**

✓ **E: EXEMPLO DE PCK NARRADO POR UM PIBIDIANO**

✓ **F: ENTREVISTAS**

✓ **G: RESULTADO DOS ALUNOS**

2. REFLEXÕES

Começamos reconhecendo que, além da escolha do tema a pesquisar, a própria formulação de uma questão de pesquisa – clara, objetiva, única e precisa – não é tarefa fácil, ainda mais, e particularmente, quando o tema envolve grande quantidade de questões sobre as quais gostaríamos de nos debruçar. O trecho escolhido para a abertura deste capítulo recupera uma reflexão de Feynman que ilustra algumas dessas questões.

Aliás, antes de submetermos à Academia essa Tese de Doutorado em Ensino de Física voltada para a Educação Básica, foi necessário identificar o que realmente poderia ser

considerado como tal, pois, pelo que vimos durante o doutorado, essa é uma questão simultaneamente multifacetada e complexa. Decidimos então iniciar nosso trabalho apresentando algumas reflexões e considerações que nortearam nossa tarefa.

2.1. CURIOSIDADE, MAGIA, CIÊNCIA E MOTIVAÇÃO

É inegável que a maioria das crianças se encanta com truques e mágicas e, em se tratando da magia, situações e fenômenos inusitados geram encantamento sem a necessidade de maiores explicações. No entanto, à medida que crescem, essas mesmas crianças ficam cada vez mais exigentes quanto aos truques e mágicas que lhes impressionam, pois também crescem seus conhecimentos e o entendimento sobre as coisas. Ao chegarem na adolescência o encanto pela magia arrefece, perdendo espaço para a maturação de um raciocínio, que mais amadurecido impõe a necessidade de maior sofisticação aos truques e mágicas para que consigam encantar.

Com isso, a maior parte das pessoas ingressa na vida adulta não mais acreditando em magia e, embora ainda se impressionem e apreciem truques e mágicas sofisticados, intimamente buscam desvendar os mecanismos do ilusionismo associado, pois passaram a acreditar na “verdade científica”, ou seja, passaram a acreditar que as explicações apoiadas por evidências são melhores que as explicações mágicas.

Pode-se dizer que, em certa medida, assim também ocorreu com a humanidade. As explicações dos fenômenos que inicialmente eram míticas, místicas ou mágicas, com o desenvolvimento do racionalismo foram dando lugar às explicações alternativas, estruturadas pela filosofia natural e, posteriormente, pela ciência.

... Na magia, aquilo que é suposto verdadeiro parece completo e acabado, por mais improvável que seja. Na ciência, a verdade dos fatos advém de uma pesquisa empírica, sob a bússola da razão, e deve ser comprovada na realidade prática. As proposições científicas obedecem a uma correspondência lógica com os eventos do mundo natural. Esse mundo natural é o destinatário das investigações científicas,

mas nas percepções mágicas o mundo se expande até o sobrenatural. Na magia, aquilo que está além da aparente realidade objetiva da natureza é aquilo que é a razão de ser da realidade empírica. Há uma verdade mágica e mística inquestionável guiando os fatos naturais. Enquanto na ciência tudo pode ser questionado por novos fatos que evidenciem a inconsistência lógica ou empírica de verdades anteriores. Dessa forma, ciência e magia mostram-se incompatíveis entre si. Elas direcionam duas percepções imiscíveis que buscam respostas e que tendem a explicar o mundo de duas maneiras diferentes entre si.²

Considerando (1) que a curiosidade alimenta o pensamento metafísico³ sobre a essência da coisa; (2) que, dependendo da faixa etária, essa curiosidade, inicialmente satisfeita com alguma explicação mágica, passa a buscar uma explicação racional; e (3) que as explicações racionais fornecidas pela ciência se obtém através de uma dialética que conjuga o empírico com o emprego da lógica em busca de uma modelagem explicativa da realidade observável; resulta que a apresentação do inusitado em algum fenômeno conhecido gera boas possibilidades de despertar a curiosidade e o interesse por sua explicação, forjando um caminho fértil para o Ensino da Física.

Temos nos utilizado, com sucesso, de experimentos simples cujos resultados se contrapõem às expectativas dos alunos, despertando-lhes o interesse por uma explicação plausível. Ou seja, aguçando a curiosidade dos alunos geramos momentos propícios para uma argumentação consistente que leve ao entendimento de um modelo explicativo sobre o fenômeno em foco, muitas das vezes incentivando-os e motivando-os ao estudo.

Notadamente a curiosidade exerce um papel motivacional intrínseco, funcionando como mola propulsora do aprendizado.

Se a curiosidade se manifesta em busca do entendimento sobre a essência e/ou o funcionamento das coisas, classificamo-la como científica, e ela pode facilitar em muito a

² [MAIA, p.4, 2017] (tradução nossa)

³ Metafísica (do grego: meta = para além de; e physis = natureza ou física.) é aqui considerada filosoficamente como busca do entendimento da essência das coisas, ou seja, a tentativa de descrever teoricamente fundamentos, leis, estruturas básicas, causas e/ou princípios, sentidos e/ou finalidades da realidade em geral.

alfabetização científica do curioso. Mais do que isso, se bem trabalhada incentivará a aprendizagem de um modo geral.

Em se tratando da Educação Básica, o Ensino da Física viabiliza truques e “mágicas” através de seu aspecto experimental, apresentando elementos que incentivam os alunos na busca e/ou elaboração de explicações plausíveis. Quando lhes aguçamos o interesse por respostas, os induzimos aos estudos, estabelecendo clima propício para o aprendizado de modo geral.

Todavia, apesar de todas essas possibilidades, é grande o contingente de alunos que se apresenta desmotivado, subutilizando as informações que lhes são fornecidas. Não é difícil constatar a apatia apresentada por muitos, ou até mesmo a antipatia apresentada por alguns.

É notória e inquestionável a necessidade de se adequar o Ensino da Física aos “novos tempos”.

2.2. A INSTITUIÇÃO ESCOLA E SEU PARADIGMA

Também é notório que a escola, enquanto instituição, não está atendendo mais às demandas dos alunos ou mesmo da sociedade. Inúmeros pontos colaboram para esta situação, e essa afirmativa não é mera crítica à atuação dos professores, cuja formação e remuneração de há muito não são as mais adequadas à realidade escolar por nós desejada.

Encaremos a questão de modo mais amplo e veremos que ela envolve o próprio paradigma educacional vigente e a necessidade de sua reformulação.

Evidentemente isso reflete uma incontestável necessidade de melhoria do Sistema Educacional como um todo, sendo necessário, além da adequação da formação e remuneração do magistério, a reformulação de leis, políticas públicas, condições institucionais, do contexto enfim onde a escola se insere, para permitir que os profissionais envolvidos realmente possam

atuar em prol de uma educação de qualidade para todos, independente de raça, credo, condição socioeconômica, opção sexual ou qualquer outra característica.

Contudo, consideramos que, dentre os diversos fatores que contribuem para essa situação, um dos mais relevantes é a apatia dos alunos diante do que se lhes apresenta nas aulas.

Não se trata de culpabilizar esses alunos, nem de menosprezar os demais fatores envolvidos. O que nos move é tão somente a intenção de apresentar uma alternativa que auxilie a reversão desse quadro de coisas, dentro das possibilidades existentes e acessíveis a qualquer professor que se dedique ao Ensino de Física na Educação Básica.

E ainda que possa parecer ousadia de nossa parte, afirmamos que já tivemos a oportunidade de implementar um projeto, que recebeu o nome de Galera da Física, dedicado ao Ensino da Física na Educação Básica com o qual obtivemos significativo sucesso e que será mais bem detalhado no Capítulo 3. Porém, devido à importância que essa implementação teve na consolidação de nossa perspectiva quanto ao Ensino da Física na Educação Básica, faremos a seguir breve relato dele.

2.3. BREVE RELATO SOBRE O PROJETO GALERA DA FÍSICA

Em meados dos anos 1980 atuávamos como bolsista no Laboratório Didático do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), onde o Grupo de Pesquisa em Ensino de Física dessa universidade (GPEF-UFF) desenvolvia um projeto, parcialmente financiado pelo PADCT⁴, no qual os alunos eram levados a explicitar e refletir sobre suas concepções espontâneas⁵ em relação aos temas trabalhados.

⁴ PADCT – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, criado em 1984 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia visando o apoio financeiro à pesquisa.

⁵ Nessa época a pesquisa em ensino se centrava no movimento das concepções alternativas.

Nesse projeto, atividades teórico-práticas (com roteiros e kits de experimentos) eram elaboradas e disponibilizadas para os professores da região que se inscreviam para tomá-las por empréstimo, utilizando-as com seus alunos em suas respectivas escolas.

Embora essas atividades possuíssem boa qualidade, elas eram tópicas e não constituíam um corpo de conteúdos capaz de dar suporte a um curso inteiro de Física no nível básico, ou melhor, não havia material pedagógico suficiente para desenvolver um curso completo com a proposta pedagógica que o projeto defendia, tampouco existiam livros didáticos que dessem suporte a este trabalho.

De nossa parte, além de colaborar com o projeto, éramos usuários inscritos e a essa altura já havíamos produzido diversas notas de aula para complementar o trabalho que desenvolvíamos com nossos alunos.

Diga-se de passagem, jamais gostamos de gastar tempo de aula com as fatídicas cópias do quadro e, desde que nos iniciamos no magistério, sempre produzimos material visando eliminar essa perda de tempo. Além disso, sempre nos preocupamos com a clareza da linguagem para que todos os conceitos que julgássemos pertinentes e/ou necessários fossem bem entendidos pelos alunos, mesmo que tais conceitos não fizessem parte dos programas a cumprir ou dos programas vestibulares que normalmente orientavam quais conteúdos deveriam ser trabalhados nas escolas. Essa preocupação nos levou a redigir notas de aula próprias, onde muitas vezes fugíamos ao tradicional propondo alternativas para abordagens e encaminhamentos que, a nosso ver, contemplavam melhor a perspectiva dos alunos.

Acabamos nos tornando autores (e coautores) de alguns materiais didáticos voltados ao Ensino de Física na Educação Básica. Particularmente, em parceria com o prof. Luiz Alberto

Guimarães⁶, incentivados por colegas professores que utilizavam o projeto do GPEF-UFF, pois a essa altura as notas de aula que havíamos compartilhado tinham se espalhado, iniciamos a (re)organização de material mais elaborado para dar melhor suporte ao trabalho com essa proposta pedagógica alternativa.

Inicialmente surgiram apostilas, posteriormente transformadas em livros que, mais adiante, vieram a constituir a coleção Física (Ensino Médio).

Em verdade, levamos cerca de dez anos para concluir este trabalho, até que em 1995 fomos convidados para ministrar um minicurso no XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), que ocorreu na UFF, o que nos permitiu finalizar o capítulo que faltava (Mecânica dos Fluidos) para completar a redação dos três volumes que compunham nossa coleção.

Ao longo desses anos investimos muito tempo em pesquisa e desenvolvimento, mas paradoxalmente essa redação e confecção da coleção acabou nos afastando do ambiente acadêmico, pois dele não obtivemos nenhum apoio formal. Assim sendo, além de buscar soluções pedagógicas, tivemos que buscar soluções comerciais, o que nos levou a produzir, mais do que uma coleção, um verdadeiro projeto de ensino, com o qual mobilizamos um bom número de professores que optaram por adotar nossas ideias. A esse ponto tivemos que profissionalizar a produção para viabilizar e dar escala à proposta, pois além de ser inspirada no “projeto do GPEF-UFF”, a comercialização da coleção incluía a doação de kits de experimentos para as escolas que a adotavam, como será mais bem explicado no Capítulo 3.

Fato é que testemunhamos essa proposta de ensino funcionar como elemento catalisador de mudanças profundas na postura dos alunos no âmbito de nossa escola, não só em relação à aprendizagem da Física, mas com reflexos nas demais disciplinas e no desenvolvimento integral dos alunos. Aliás, a área de pesquisa em Ensino de Física produz cada vez mais

⁶ Luiz Alberto Mendes Guimarães, à época era professor no IF-UFF e membro do GPEF, além de professor e Coordenador de Física no Centro Educacional de Niterói, escola onde atuávamos no magistério da Física.

recursos para que isso ocorra, porém, infelizmente, tais recursos acabam não sendo conhecidos pela maioria dos professores e, conseqüentemente, não chegam nas salas de aula.

2.4. A ÁREA DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

Inegavelmente a área de Pesquisa em Ensino de Física está consolidada no Brasil, mas isso só ocorreu bem após a consolidação da área de Pesquisa em Física que, no Brasil, teve seu início nos anos 1930 (VIDEIRA, 2016, pp. 8-15).

A área de pesquisa em ensino de física ...

... foi estabelecida, no IFUSP, em 1973, a primeira pós-graduação interunidades em ensino de física no Brasil, marco do início da institucionalização da pesquisa na área. Essa pós-graduação interunidades – compartilhada pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – denotou claramente o objeto de pesquisa interdisciplinar da área, evidenciando, já à época, uma diferenciação na formação de pesquisadores em ensino de física e daqueles dedicados à pesquisa em física ou educação. Os primeiros deveriam ter uma formação interdisciplinar, isto é, tanto em física quanto em educação.

Simultaneamente, no âmbito do programa da pós-graduação em física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), também no início da década de 1970, foi criada uma linha de pesquisa em ensino na qual os estudantes de mestrado em física poderiam desenvolver pesquisas e defender suas dissertações versando sobre temáticas de ensino de física.⁷ (*grifo nosso*)

Contudo, apesar da área de Ensino de Física estar galgando cada vez maior projeção nos cenários nacional e internacional, e por mais desagradável que seja admitir, no Brasil ainda não vemos consenso quanto ao que efetivamente pode ou não pode ser considerado como pesquisa, ou mesmo como tema de pesquisa nessa área. Tal afirmação se corrobora pelas inúmeras Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado em Ensino de Física que têm sido veladamente questionadas quanto à temática, quanto ao viés da análise etc., mesmo após terem sido devidamente defendidas e aprovadas na Academia.

⁷ [MATTOS *et ali*, 2016, p. 69]

Ousamos dizer que ainda ecoam pelos corredores dessa Academia as palavras da saudosa prof^a Suzana de Souza Barros em sua conferência de 2002 no VIII EPEF, em Águas de Lindóia, São Paulo:

O Brasil tem uma tradição de Pesquisa em Ensino de Física, com várias décadas de existência, realizações de peso, programas de Pós-Graduação bem estabelecidos e muitas publicações que atestam a fertilidade da produção dessa comunidade. A apesar da sua importância e continuidade, do número de teses acadêmicas apresentadas, e de contribuições incontestadas para a educação da física, surgem críticas subliminares à qualidade da pesquisa realizada, nos corredores da própria comunidade.⁸ (grifo nosso)

A nosso ver, a explicação para essa questão tem o mesmo fundamento que levou a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) a inserir a Pesquisa em Ensino de Física na área 46 – que, como “área híbrida”, enseja inúmeras possibilidades para análises e pesquisas diversas:

A Área de Ensino integra a Grande Área Multidisciplinar

(...)

A Educação é uma prática social e um fenômeno cultural específico, objeto de investigação e estudo interdisciplinar no âmbito das Ciências Humanas, caracterizando-se também como um campo de conhecimento próprio, reconhecido tanto nacional quanto internacionalmente. ... a Educação compreende o ensino, mas o transcende ... Os Programas da Área de Educação, na Grande Área das Ciências Humanas da CAPES, se organizam em diferentes propostas ... os Programas da Área de Ensino, focam as pesquisas (expressas em artigos, livros e trabalhos em eventos) e produções (expressas em processos, materiais, tecnologias educacionais e sociais, propostas educativas, políticas públicas) em Ensino de determinado conteúdo, buscando interlocução com as Áreas geradoras dos conhecimentos a serem ensinados. É característica específica – e das mais importantes – da Área de Ensino, o foco na integração entre conteúdo disciplinar e conhecimento pedagógico ou o que se denomina pedagogias do conteúdo. ... A Área de Ensino é, portanto, uma Área essencialmente de pesquisa translacional, que busca construir pontes entre conhecimentos acadêmicos gerados em educação e ensino, para sua aplicação em produtos e processos educativos na sociedade.⁹ (grifos nossos)

⁸ [BARROS, 2002, p.2]

⁹ [CAPES, 2017, pp. 2-3]

Considerando que a área de Ensino de Física tenha nascido na interseção entre a Educação e a Física, é certo que hoje ela possui vida própria, se dedicando à pesquisa sobre o Ensino e a Aprendizagem da Física. É nesse contexto que inserimos nossa tese.

2.5. REFLETINDO COM FEYNMAN

Em uma conferência proferida em 1952, o internacionalmente conhecido prof. Richard Feynman, anos antes de ser agraciado com o prêmio Nobel de Física de 1965, teceu algumas críticas ao Ensino de Ciências no Brasil, críticas estas que foram lembradas pela revista da SBF, *A Física na Escola*¹⁰ (FnE), na edição publicada em maio de 2016, de onde extraímos os trechos a seguir:

(...) O interessante artigo de Frota-Pessoa, reproduzido a seguir, descreve o impacto local que a conferência de Feynman gerou ... fornece, ainda, uma descrição mais contida do acontecimento ... sem retirar o cerne de sua crítica precisa e contundente: “A Ciência em Marcha” – NÃO SE APRENDE NADA. ... Um físico de fama mundial no setor da eletrodinâmica quântica, Richard P. Feynman, do California Institute of Technology (EUA), nos disse, em português claro, embora estropiado (um ano de Brasil), que, em verdade, *não estamos ensinando ciência e nossos alunos não estão aprendendo*. Isto, de um modo geral, em muitas cátedras universitárias do Brasil e do estrangeiro, inclusive dos Estados Unidos. E o pior é que ele tem toda a razão.

(...)

Revolução necessária

Se queremos realmente fazer progredir a ciência no Brasil, urge revolucionar nossos métodos didáticos, em todos os níveis: primário, secundário e superior.

Como assinalou muito bem Costa Ribeiro, são as faculdades de filosofia, formadoras de novos mestres, que estão em posição estratégica para iniciar o movimento. E é de muito bom sinal que tenha sido na Faculdade Nacional de Filosofia, sob auspícios do Departamento de Física e do Diretório Acadêmico, que se tenha realizado a esclarecedora palestra do prof. Feynman.

(...) Os prolongados debates, em que participaram, com Feynman, alunos e professores da Faculdade, em seguida à conferência, se caracterizaram por ideias

¹⁰ Publicação da Sociedade Brasileira de Física (SBF) <http://www1.fisica.org.br/fne/> (último acesso: maio 2019).

objetivas e sugestões felizes para melhoramento dos nossos métodos de ensino.
*Esperemos que este magnífico impulso inicial nos leve longe.*¹¹ (grifos nossos)

Em que pese essas críticas de Feynman estarem voltadas ao Ensino das Ciências no nível universitário dos anos 1950, já evidenciavam a importância e a necessidade de se dedicar maior atenção ao ensino de ciências em todos os níveis. Contudo, não é difícil perceber que o citado "magnífico impulso inicial" não logrou êxito e embora sejam importantes as reflexões promovidas por Feynman, é também importante, a nosso ver, além de necessário, refletirmos sobre o porquê de tal assunto figurar em edição tão recente da revista FnE que, segundo a SBF, “*é uma revista de formação e divulgação de informação sobre a Física e o seu ensino, com ênfase na sala de aula. Tem como foco o diálogo com os professores do Ensino Médio e de todos aqueles que se interessam em contribuir para a melhoria do Ensino de Física*” (texto extraído da página da FnE no site da SBF).

2.6. EMPATIA E AFETIVIDADE

A experiência nos mostrou que empatia e afetividade são dois fatores com significativo impacto sobre a motivação e a aprendizagem dos alunos. Porém, apesar de gerarem resultados surpreendentes, tais fatores são muitas vezes negligenciados.

Inegavelmente a desmotivação e o descompromisso comprometem a aprendizagem. Contudo, não queremos dizer que a desmotivação e o descompromisso atualmente percebidos em muitos alunos sejam devidos, única e exclusivamente, à negligência de professores quanto aos fatores citados. É preciso considerar que esses alunos, que hoje estão desmotivados e descomprometidos, são as mesmas crianças que ingressaram na escola ávidas por aprender. E a busca pelo entendimento sobre as coisas é de tal modo inerente às crianças, que elas ingressam nas escolas ávidas pelo saber. Chegam automotivadas e sem medo de errar. Porém, o que vemos com o passar do tempo é o Sistema Educacional lhes impondo um desestímulo

¹¹ [MOREIRA & PAIVA, 2016, pp. 62-63]

de tal ordem que acabam por se transformarem em *alunos*, na pior acepção do termo. Deixam de quererem aprender, para apenas pensarem em como conseguir “passar de ano”.

Assim sendo, torna-se extremamente importante o investimento promoção da curiosidade, fator preponderante para o resgate da motivação que, por sua vez, é fator fundamental para a aprendizagem.

Costumamos dizer que: *ninguém ensina para quem não quer aprender*.

Nesse particular, ainda que não tenhamos registros formais, a experiência também nos mostrou que no Ensino da Física esse *querer* se evidencia quando instigamos os alunos através de seu aspecto experimental e/ou quando realizamos abordagens que envolvam temas como, por exemplo, Filosofia e/ou História da Ciência, Física Moderna e Contemporânea etc.

Foi essa percepção que nos levou a repensar nossas práticas e, após anos de observação informal quanto ao incremento motivacional dos alunos, resolvemos nos fundamentar, aprofundando, formalizando e compartilhando tais observações, sendo esse um dos motivos que nos trouxeram ao doutorado.

É preciso mudar o estereótipo associado à Física pelo senso comum.

2.7. O ESTEREÓTIPO DA FÍSICA

Embora grande parte dos alunos se embeveça com a Física, paradoxalmente eles também a veem como um “bicho de sete cabeças” e acreditam *a priori* que, seja qual for o tema a ser estudado, deverá se tratar de conteúdo muito difícil, inacessível ao “aluno comum”, somente ao alcance dos *nerds* e/ou dos alunos “mais inteligentes”.

São inúmeras as situações que corroboram essa constatação. Onde quer que o tema seja abordado – desde “conversas de botequim” até filmes, séries e novelas de TV – cotidianamente até se converte em piada. É o caso da série de TV norte-americana *The Big*

Bang Theory, que com bom humor explora esse estereótipo, retratando a visão da Física como algo muito difícil e complicado, fora de compreensão do homem comum. Ainda que essa trama se desenvolva no ambiente acadêmico da CALTECH e não em uma escola de nível básico brasileira, acreditamos que vale a pena assistir a série.

Lamentavelmente a visão da Física como complicada e difícil que ocupa o ideário popular pode comprometer sua aprendizagem. E esta é a visão do senso comum, notória e amplamente corroborada por diversos fatores, sendo que, em nossa opinião, o pior deles reside nas atitudes de professores que, principalmente na Educação Básica, contribuem para a construção desse estereótipo quando:

- (i) não se importam com a linguagem ou com o uso excessivo de manipulações matemáticas e simbólicas sem a necessária preparação prévia;
- (ii) não se preocupam, nem se questionam quanto ao nível e objetivo do Ensino de Física; e
- (iii) não consideram características individuais, ritmos e aptidões tentando impor um “padrão” para a aprendizagem, pois, ainda que a aprendizagem aconteça em âmbito coletivo, o ato de aprender é essencialmente individual.

A experiência nos mostrou que um indivíduo só aprende quando quer e se esforça para isso. O que torna o *fazer querer* como o principal objetivo e maior desafio para o magistério de qualquer disciplina.

2.8. A PREOCUPAÇÃO COM A LINGUAGEM

Em relação à linguagem, destacamos dois trechos para reflexão. Ambos evidenciam a necessidade do cuidado e atenção que devem ser dedicados ao assunto, mesmo tendo sido selecionados de fontes bem distintas. O primeiro, que inadvertidamente reforça o senso comum, foi encontrado quando líamos um texto na área da psicologia cognitiva.

Quando observam eventos no mundo, os físicos não consideram adequado o vocabulário do cotidiano. Eles cunham novos termos ou apoderam-se de outros já existentes. O último recurso pode criar dificuldades. Palavras como *trabalho*, *força* e *energia*, por exemplo, significam para os físicos, na linguagem técnica, coisas diferentes do que significam para a maioria das pessoas em sua conversação rotineira. Felizmente, para os físicos, muitos fenômenos que eles estudam atualmente estão tão distantes de nossa experiência comum, que não confundimos sua linguagem técnica com o discurso leigo.¹²

O segundo, mais alinhado com nossas ideias, encontramos nas ponderações de Heisenberg, ao lermos o livro *Physics and philosophy: the revolution in modern science*.

A incerteza intrínseca no significado das palavras foi, é claro, reconhecida desde muito e, em consequência, trouxe a necessidade de definições ou – como indica a etimologia do termo “definição” – a delimitação do domínio de aplicabilidade das palavras utilizadas. As definições, todavia, não podem ser construídas senão a partir de outros conceitos, de sorte que, em última forma, é necessário se ter por base conceitos ditos “primitivos”, em que não cabem análises e definições.¹³

Não reste dúvida de que o uso inadequado da linguagem compromete qualquer trabalho.

2.9. O USO DA MATEMÁTICA

Embora seja indiscutível a importância da Matemática para a Física, a experiência também nos mostrou que, em se tratando do Ensino da Física na Educação Básica, a Matemática deverá ter importância secundária. Em verdade, dependendo do modo como ela seja utilizada com os alunos, poderá gerar efeito contrário ao desejado, principalmente com alunos que não possuam “perfis científicos”, cujos interesses normalmente não são afetos nem à Matemática, nem a qualquer disciplina da área das Ciências da Natureza.

Via de regra, na escola básica o resultado é significativamente mais eficiente quando apresentamos os temas através de abordagens conceituais (centradas em exemplos, metáforas,

¹² [CATANIA, 1999, p 23]

¹³ [HEISENBERG, 1981, p 102]

analogias e/ou argumentos lógicos) do que quando os apresentamos através de abordagens centradas em argumentações meramente matemáticas.

Em 1969, o saudoso prof. Pierre Lucie (1917-1985) já nos dizia:

Eu tomo posição quanto à maneira de expor. Fujo tanto quanto possível, do formalismo matemático. Ah! Quantas querelas amigáveis tive sobre o assunto! Continuo firme. Cada dia mais. Não por teimosia idiota. Por convicção. Esclareço: não sou contra a matemática na física. Seria tão imbecil, e inócuo, como ser contra o tear mecânico na tecelagem. Conheço bastante a física para saber que o formalismo matemático é uma linguagem, uma ferramenta indispensável. Mas cujo domínio deve suceder, e não anteceder, a percepção.¹⁴

Em nossa opinião, quando falamos sobre o uso da Matemática no Ensino da Física, particularmente na Educação Básica, ainda estamos falando de linguagem.

2.10. NÍVEL E OBJETIVO

É notório que muitas aulas são ministradas padronizadamente, sem considerarem os diferentes ritmos, interesses e aptidões dos alunos, sendo voltadas apenas ao cumprimento do programa estabelecido, que geralmente espelha algum programa de vestibular ou a sequência de algum material didático.

No mais das vezes, o aspecto motivacional é relegado a plano secundário e ainda é grande o número de professores que ao invés de conquistarem seus alunos, os levam a considerar a Física como algo inalcançável, geralmente pelo nível e objetivo da abordagem usada, que atendem à demanda do professor e não às demandas dos alunos.

Essa questão é muito bem retratada pelo prof. António Manuel Baptista em um trecho de *Feynman e a educação dos homens* – nota introdutória sobre o autor, na obra de Richard Feynman, “QED A ESTRANHA TEORIA DA LUZ E DA MATÉRIA”, publicada pela editora Gradiva.

¹⁴ [LUCIE, 1969]

... ensina-se física como se quiséssemos preparar para físicos. De modo que ficamos a menos de meio caminho e nunca alcançamos os objetivos que nos devemos propor não só em física, como em qualquer outra disciplina científica: por um lado, exercitar um certo modo de pensar as coisas e nas coisas; por outro, e talvez o mais importante, o de garantir a relevância do que se ensina para a compreensão do mundo à nossa volta. Isto implica uma constante atualização das matérias para as manter em sintonia com os constantes desenvolvimentos tanto da física básica como dos desenvolvimentos tecnológicos que dela arrancam: na verdade, a maior aventura intelectual de nosso tempo.¹⁵ (grifo nosso)

Infelizmente, ainda encontramos professores que renegam sua responsabilidade quanto à motivação, trabalhando com a perspectiva de que no processo ensino-aprendizagem o que lhes cabe é simplesmente ministrar “boas aulas”, de modo claro e objetivo, cabendo aos alunos a função de “correr atrás” para aprender.

Muitos professores realmente não se questionam quanto ao real objetivo do Ensino de Física na Educação Básica.

Alunos com dificuldades podem tê-las superadas, caso sejam trabalhados com esse objetivo. Porém, será muito difícil que superem suas dificuldades sendo submetidos a aulas que simplesmente apresentam a Física pela Física, insistindo na preparação de “para físicos”, como nos relata o prof. Baptista.

Como disse Einstein, *“A maioria dos professores desperdiça seu tempo fazendo perguntas que visam descobrir o que um aluno não sabe, enquanto a verdadeira arte de questionar é descobrir o que o aluno realmente sabe ou é capaz de saber”*¹⁶ (tradução nossa)

Enfim, se nosso objetivo com o Ensino de Física na Educação Básica pretende que os alunos compreendam, pelo menos em um primeiro nível de abordagem, os modelos explicativos dos fenômenos naturais, é preciso atentar para a complexidade da modelagem utilizada para explicá-los.

¹⁵ [BAPTISTA, 1992, pp. 7-8]

¹⁶ [CALAPRICE, 2011, p.99]

2.11. A MODELAGEM

Dependendo do nível e do objetivo do ensino, existirá um amplo espectro de possíveis encaminhamentos para a explicação de qualquer assunto. Considerando que a Física trabalha com modelos que procuram explicar a realidade, em essência, aprender Física se resume a entender o modelo utilizado. Sendo que usualmente esses modelos se encontram atrelados às teorias que procuram explicar como ocorrem os eventos e realizar previsões.

Segundo Mário Bunge:

... faz-se ciência, em quase toda parte, tal como os físicos a têm feito desde Galileu, a saber, formulando questões claras, imaginando modelos conceituais das coisas, às vezes teorias gerais e tentando justificar o que se pensa e o que se faz, seja através da lógica, seja através de outras teorias, seja através de experiências, aclaradas por teorias.¹⁷

O problema é que a complexidade do modelo aumenta à medida que ele é refinado para explicar a realidade com maior nível de detalhe ou maior abrangência. Assim sendo, existirão diversas possibilidades para o entendimento dos assuntos, dependendo do nível de refinamento com que se constrói ou expõe o modelo.

Fato é que percebemos o mundo através de nossos sentidos, desenvolvendo perspectivas próprias que, em alguma medida, são coletivamente compartilhadas através da cultura e da linguagem. Essencialmente o entendimento dos modelos explicativos dos fenômenos envolve o entendimento dos conceitos e concepções que traduzem a realidade.

Como a ciência trabalha com modelos e modelagens, verificamos que Max Black e Mário Bunge tornam-se referências indiscutíveis por aparecerem em enorme número de trabalhos sobre esse tema, que é extremamente polissêmico, mas extremamente importante para a Física e seu ensino.

¹⁷ [BUNGE, 1974, p. 13]

Face à abrangência do tema, decidimos explorá-lo tão somente na perspectiva que concerne ao alunado.

Nosso ponto de vista pode ser caracterizado pela hibridização de algumas ideias, dentre as quais três contribuições se destacam.

A primeira com *Islas y Pesa*:

La transformación de un modelo científico consensuado en un modelo de enseñanza, así como el empleo de estos últimos en las aulas y los resultados de aprendizaje al respecto, son objeto de investigaciones cuyos marcos teóricos son consistentes con el que acabamos de sintetizar. Se indaga sobre las concepciones de modelo en aprendices de Ciencias de diferentes edades y características (ejemplos: S. Gilbert, 1991; Grosslight et al, 1991; Meyling, 1997; Harrison-Treagust, 1996, 2000; Ryder et al. , 1999; Snyder, 2000). Entre los resultados de investigación sobre estudiantes son especialmente interesantes los siguientes:

- Los estudiantes conciben, frecuentemente, al modelo como una "copia" de la realidad; por ello, no reconocen la "exibilidad" del modelado a la cual hemos aludido en el apartado anterior.
- Los estudiantes tienen dificultades para distinguir entre un modelo y la realidad que él representa; esto es más notable cuando esa porción de la realidad está conformada por entidades no accesibles a la percepción directa.
- Las expresiones matemáticas relacionadas con un modelo suelen ser manejadas por los estudiantes sin que sean reconocidas las entidades físicas a las cuales corresponden.
- El rol del científico en la construcción de modelos, así como la importancia de la validación comunitaria de ellos no son asuntos reflexionados habitualmente por los estudiantes.
- Tampoco es frecuente que los estudiantes reconozcan con facilidad el carácter sistémico de la relación modelo-teoría. Tienden a relacionar la validez de un modelo más fuertemente con la contrastación empírica que con la validez teórica.¹⁸

A segunda com *Adúriz-Bravo y Morales*:

¹⁸ [ISLAS y PESA, 2001, pp. 320-321]

... Los modelos científicos en física constituyen una representación teórica de la realidad que es de segundo orden (MATTHEWS, 1994). El llamado sistema físico es una representación de primer orden que da estructura al mundo de los fenómenos, transformando los datos crudos en evidencias dentro de un padrón (DUSCHL, 1997). El modelo, a su vez, respeta la estructura sintáctica de este sistema físico, modelándolo con términos teóricos (símbolos que representan las entidades abstractas del sistema: Estany, 1993) y planteando relaciones funcionales y estructurales entre ellos.

Los modelos didácticos son representaciones de orden superior (modelos de modelos), obtenidas por transposición a partir de los modelos científicos. Algunos mantienen los contenidos, otros sólo las formas (la arquitectura lógica), y algunos resultan de concretar las componentes abstractas de los modelos científicos (por ejemplo, en el caso de las visualizaciones y de las maquetas: ARLEGUI DE PABLOS, 1995).¹⁹ (grifos nossos)

E a terceira, porém não menos importante, com *Brandão*:

As implicações da epistemologia de Mario Bunge conduzem para um Ensino de Ciências que é capaz de fornecer aos estudantes os conhecimentos teóricos necessários para compreender de que forma a Ciência constrói suas explicações sobre o mundo. Na medida em que estas explicações não descrevem a realidade por inteiro, tampouco de maneira exata, mas sim como uma representação simbólica, parcial, racional e não-arbitrária da mesma, cumpre ressaltar que esta realidade constitui-se de elementos que vão além da percepção direta sendo portanto, necessário supor mecanismos hipotéticos que a descrevam de forma objetiva.²⁰ (grifo nosso)

Quando os alunos percebem que a física realmente trabalha com modelos explicativos dos fenômenos e não diretamente com os fenômenos em si, passam a vê-la como uma construção humana que fornece explicações sobre o mundo que os cerca, compreendendo que estas explicações, ideias e modelos foram criados para explicar os fenômenos.

Nesse ponto empoderam-se e assumem posturas mais confiantes e, dependendo do nível da abordagem e dentro de certos limites, percebem que com o devido empenho serão capazes de entender os assuntos apresentados.

¹⁹ [ADÚRIZ-BRAVO y MORALES, 2002, pp. 77-78]

²⁰ [BRANDÃO, 2012, p. 27]

2.12. A TECNOLOGIA

Outra questão importante a ser considerada diz respeito às tecnologias, tanto de ensino quanto no ensino. Já faz muito tempo que por todo o mundo se vem tentando modernizar métodos e técnicas de ensino, de tal modo que o uso de recursos tecnológicos nas salas de aula não constitui mais novidade.

Incontestavelmente os avanços tecnológicos das últimas décadas do século XX, em particular na microeletrônica, alavancaram o desenvolvimento da microcomputação e a difusão da Internet e estes, por sua vez, viabilizaram recursos até então inimagináveis. Adicionalmente, o desenvolvimento e barateamento de dispositivos como *tablets*, *smartphones* e *mobiles* em geral, aliados a avanços obtidos com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) ampliaram exponencialmente as possibilidades para a modernização do ensino de qualquer disciplina.

Nesse sentido muito se tem investido em pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, no Brasil, no mais das vezes tais recursos adentram as salas de aula pelas mãos dos alunos e não dos professores, impondo a necessidade de atualização de processos de ensino-aprendizagem e causando significativo impacto no ambiente, de tal modo que muitas escolas optam por proibirem o uso de tais recursos em sala.

Assim, a hegemonia que a escola detinha sobre a vida dos alunos foi ficando cada vez mais comprometida, principalmente no que tange aos alunos mais velhos, como os do ensino médio, cuja autonomia e desinteresse são os mais evidentes.

O apelo do que existe fora da escola, aliado ao notório sucateamento escolar e da área da Educação como um todo, torna cada vez mais difícil manter os alunos motivados.

Nesse sentido, em “Nativos digitais: novos desafios à escola e ao trabalho docente”, as professoras Andréa Castro²¹ e Eloiza de Oliveira²², já apresentavam em 2010 reflexões pertinentes e que ainda são atuais:

A tarefa docente vem sendo afetada, continuamente, pela tecnologia que impregna a sociedade atual. A super oferta de informação tem modificado as formas de conhecer, tanto para jovens quanto para adultos, sobretudo para aqueles que estão digitalmente inseridos na sociedade. Este contexto trouxe consigo uma geração com características bastante peculiares e distintas dos jovens de vinte anos atrás.

Da parte dos alunos é fácil perceber que estão cada vez menos envolvidos com as tarefas acadêmicas, que seus projetos de vida e de futuro são mais imediatistas e pragmáticos, que a escola não ocupa mais uma posição central em suas vidas. Vivem cada vez mais tempo imersos no ciberespaço, às voltas com as tecnologias de informação e comunicação, desenvolvem relações sociais e amorosas virtualmente, ... Assim como as escolas não têm conseguido articular, satisfatoriamente, os modos de conhecer do senso comum às ciências, ... tão pouco o perfil de competências e saberes do professor, que trabalha com alunos nativos digitais, tem conseguido acompanhar esta geração.

(...)

Entendemos que é necessário que as tecnologias de informação e comunicação (TIC) sejam apropriadas pelas escolas criando professores e alunos nem fascinados nem fóbicos, mas realistas em relação a esta inserção que também possibilita o diálogo entre o senso comum e a ciência.²³

Se o uso de recursos tecnológicos nas salas de aula é mundialmente irreversível, no Brasil, infelizmente, isso ainda não caracteriza um avanço real no que concerne às tecnologias de ensino. Por outro lado, o número crescente de alunos que, via internet, acessam todo tipo de informação – seja de boa qualidade, obtidas em fontes confiáveis, ou de qualidade questionável, ou mesmo de má qualidade, advindas de outras fontes – torna urgente, além de necessário, se repensar o paradigma vigente, principalmente no que se refere aos papéis atribuídos à escola, aos professores e aos alunos.

²¹ Colégio Pedro II e Instituto Multidisciplinar de Formação Humana com Tecnologias da UERJ

²² Professora Associada da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

²³ [CASTRO, 2010, pp. 1-2]

Infelizmente, ao longo da história a instituição escola pouco mudou, porém os alunos e a sociedade mudaram, e muito. Alunos cada vez mais mergulhados em um oceano tecnológico encontram salas de aula, professores e o próprio Sistema de Ensino cada vez mais descompassados da atualidade.

São também ainda muito atuais as reflexões feitas pelo prof. Lobo²⁴, em 2014:

... o sistema educacional está centrado no ensino e, portanto, no professor, e não no aprendizado e, portanto, no aluno. O enfoque no ensino é, de regra, socialmente irresponsável, porque o professor acha que sua responsabilidade é ensinar, dar a matéria, e não assegurar o aprendizado de seus alunos!

... Foucault dizia que as Escolas emulam um convento, ou uma prisão, Ken Robinson diz que a Escola mata a criatividade dos Alunos, Dan Tapscott refere o anacronismo do que chamou de "one size broadcast teaching" e Raphael Lucchesi diz que o sistema educacional tem Escolas do século XIX, Professores do século XX, mas Alunos do século XXI!

... A velocidade da mudança é uma característica da sociedade atual, e o acesso rápido, amplo e atualizado à informação a qualquer momento e em qualquer lugar, por qualquer um, por meio da internet, é um apanágio dessa sociedade. Caberá ao professor transformar essa informação em conhecimento, fazendo o aluno pensar, avaliar, sintetizar e discernir o valor dessa informação para seu projeto de vida, inserido na sua época e no seu contexto social.

... ocorre que os alunos aprendem de acordo com sua aptidão e sua motivação.

... aptidão e motivação variam entre os alunos e devem ser entendidas e aceitas quando se quiser centrar o sistema educacional no aluno, e não mais apenas no professor, aceitando deste modo a responsabilidade social do processo educacional.²⁵ (*grifos nossos*)

Não só concordamos com ele, como costumamos dizer, no que se refere à escola e ao que nela se pratica: *o velho não serve mais, porém o novo não existe ainda.*

Tendo em vista o desenvolvimento tecnológico atual e as perspectivas que enseja, não é utopia pensarmos em novos encaminhamentos, processos e ambientes, que favoreçam o

²⁴ Professor Luiz Carlos Lobo é aposentado da UFRJ, "Honoris-Causa" na UnB e consultor da UNA-SUS (Fiocruz-MS)

²⁵ [LOBO, 2014]

surgimento de novas práticas e possibilitem o desenvolvimento de novos recursos pedagógicos.

Em nossa opinião, a escola básica da atualidade requer minimamente uma adequação às novas demandas, o que torna o momento propício para se repensar o Ensino de Física nesse nível, bem como o repensar da própria escola e do paradigma que a fundamenta.

2.13. A BUSCA PELO NOVO

Também já faz tempo que iniciativas variadas por todo o mundo buscam alternativas ao paradigma vigente. Em certos aspectos, algumas tiveram avanços significativos junto ao alunado. Todavia, ainda não é possível identificar uma perspectiva hegemônica, embora eventuais conquistas forneçam, mesmo que parcialmente, elementos e fatores de interesse.

Julgamos conveniente e interessante apresentar a título de ilustração, rápida e sucinta, alguns exemplos dessas iniciativas, mesmo que não ofereçam resultados conclusivos e, em alguns casos requeiram maiores investigações.

Selecionamos cinco casos, muitos dos quais se tornaram famosos. Outros ainda nem tanto:

- (i) a famosa experiência da *Escola da Ponte*, iniciada em 1976 pelo Prof. José Pacheco e colegas, em uma escola pública de Educação Básica na região do Porto, que hoje:

... é uma escola com práticas educativas que se afastam do modelo tradicional. Está organizada segundo uma lógica de projeto e de equipa (...) Não existem salas de aula, no sentido tradicional, mas sim espaços de trabalho, onde são disponibilizados diversos recursos, como: livros, dicionários, gramáticas, internet, vídeos ... ou seja, várias fontes de conhecimento.²⁶

Sem querer aprofundar comentários, é importante ressaltar que a realidade local anterior era bastante comprometida, tanto no que se refere aos resultados obtidos pela escola,

²⁶ Extrato do texto "O PROJETO", <http://www.escoladaponte.pt/novo/> (acesso 01/06/2018)

quanto à satisfação dos atores envolvidos, e que após a implementação das mudanças propostas, resultados e atores apresentaram melhoras significativas.

- (ii) as não menos famosas mudanças implementadas no ensino finlandês, particularmente as ocorridas no Ensino Médio em meados dos anos 1980.

Um dos resultados eloquentes da reforma no ensino fundamental foi o aumento da demanda pelo ensino médio. Se em 1970 apenas 30% dos finlandeses cursavam essa etapa, a proporção hoje chega a 90%. Vale ressaltar que a frequência ao ensino médio nunca foi obrigatória no país.

Em meados dos anos 1980, o ensino médio foi reformulado, substituindo-se a estrutura acadêmica tradicional por uma organização mais flexível, com maior possibilidade de escolha para os estudantes. Assim, *cada aluno tem a prerrogativa de traçar seu próprio plano de estudos*, dentro de uma estrutura modular que ultrapassa a concepção de séries anuais.²⁷ (*grifo nosso*)

Também sem aprofundar comentários, é importante frisar que nos anos 1960 o país havia iniciado grandes mudanças socioeconômicas, se transformando em uma das sociedades mais avançadas da Europa no que se refere ao bem-estar social e à inovação tecnológica, particularmente preocupados em oferecer Educação de Qualidade para Todos.

- (iii) *The school in the cloud*²⁸, projeto apoiado pela Universidade de Newcastle, no Reino Unido, teve origem nas pesquisas sobre Minimally Invasive Education:

A ideia de aprendizagem não supervisionada foi inicialmente apontada em um documento sobre o uso de diagnósticos (depuração) como ferramenta de aprendizado (Mitra, S. e Pawar, R. S., 1982). Do trabalho realizado posteriormente neste período, dois experimentos merecem destaque no contexto deste trabalho. Ambos os experimentos foram baseados em um artigo (Mitra, S., 1988), onde foi sugerido que o uso não supervisionado de computadores pode levar a uma aprendizagem acelerada de habilidades em crianças. Agora, é amplamente reconhecido que as crianças são mais adeptas das habilidades informáticas modernas

²⁷ [BRITTO, p.10]

²⁸ <https://www.theschoolinthecloud.org/> (acesso 29/02/2020)

do que a maioria dos adultos, embora raramente desejem ou recebam educação formal nesta área.²⁹

Particularmente, a experiência Hole in the Wall, realizada em Nova Deli no final dos anos 1990, alavancou a estruturação dessa proposta de aprendizagem auto-organizada.

Em 26 de janeiro de 1999, meu amigo Vivek "incrustou" um computador em uma parede próxima ao meu escritório em Kalkaji, Nova Deli. A tela era visível do outro lado da parede e um "touch pad" também foi colocado. As crianças vieram correndo para fora da favela e grudaram ali como se estivessem coladas. Poucas horas depois, visivelmente surpreso, Vivek disse que as crianças estavam surfando.³⁰

Trabalhando com diversos grupos de crianças e em contextos bem distintos, desde as favelas da Índia, passando por aldeias do Camboja, escolas dos EUA, Chile, Argentina, Uruguai e Reino Unido, o prof. Dr. Sugata Mitra³¹ obteve resultados surpreendentes em seus experimentos de aprendizagem auto-organizada, definindo o *encouragement* como o fator mais importante para o desenvolvimento dos alunos. Ele propôs o trabalho com plataformas Self-Organised Learning Environments (SOLEs), iniciado em dezembro de 2013 o projeto School in the Cloud, com um SOLE em uma escola de Ensino Médio em Killingworth, Inglaterra.

(iv) as iniciativas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), termo usado quando a opção curricular das escolas se volta tipicamente para a melhoria do ensino de ciência e tecnologia, sendo que existem diversas perspectivas dentro dessa “abordagem”. Por exemplo, em 28 de abril de 2018 a revista Nova Escola publicou uma reportagem intitulada “O que é o STEM - e como ele pode melhorar a sua aula”, tratando do tema, onde propõe que o trabalho STEM: “*engaja os alunos em atividades práticas que misturam diferentes conhecimentos e conduzem a uma aprendizagem criativa*”.

²⁹ [MITRA, 2000, p.3]

³⁰ [MITRA, 2009, p.340]

³¹ Diretor no projeto SOLE e professor de tecnologia educacional na Escola de Educação, Comunicação e Ciências da Linguagem. Universidade de Newcastle, UK. https://en.wikipedia.org/wiki/Sugata_Mitra.

Embora tal proposição seja bastante abrangente, apresenta uma possibilidade de trabalho que vem ganhando projeção na busca pela motivação para a aprendizagem.

- (v) as mudanças na estrutura de funcionamento da Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói³² (UEBCEN) – onde atuamos na Direção Pedagógica de 2006 a 2020 – que foram implementadas a partir de 2014, para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental até à 3ª série do Ensino Médio:

A partir de 2014, os alunos do 6º ano em diante começaram a explicitar suas preferências disciplinares, sob determinadas condições, exercitando a escolhas de disciplinas e tornando-se corresponsáveis pelos rumos do próprio aprendizado. Evidentemente tais escolhas ocorrem sob orientação da escola e com aquiescência dos responsáveis, mas certamente tal estratégia ampliou interesses e motivações. Assim, o currículo dos alunos passou a ser customizado, pois que, além das disciplinas obrigatórias que cursam com suas turmas, a cada período letivo o aluno pode, obviamente dentro de seu horário de permanência – turno integral, entre 07:00 e 17:40 e turno parcial, entre 07:00 e 12:50 – escolher os componentes curriculares opcionais, dentre os diversos ofertados, quais irá cursar no trimestre, incorporando-os à sua grade curricular no período letivo. Assim, com o enriquecimento da parte diversificada do currículo acaba-se por individualmente customizá-lo. A diversidade desses componentes é característica do dinamismo de nosso processo pedagógico, que exige contínua abertura às mudanças e enriquecimentos curriculares.³³

Mesmo que não seja possível alterar a estrutura de funcionamento das escolas, esses exemplos evidenciam aspectos e fatores relevantes que permitem questionar as concepções tradicionais de ensino e aprendizagem, além de verificar possíveis impactos positivos dos processos ensino-aprendizagem alternativos.

Embora essa apresentação tenha sido rápida, sucinta e com uma visada transversal, é possível perceber um fator que perpassa os exemplos apresentados, qual seja, o empoderamento dos alunos.

³² Escola criada em 1960 como escola experimental, possuindo uma proposta singular e diferenciada, bem fora do convencional.

³³ [UEBCEN, 2017, p.24]

Empoderando-se eles se sentem capazes de superar desafios, o que interessa ao ensino de qualquer disciplina.

2.14. O USO DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA

Concluimos nossas reflexões e considerações iniciais ponderando sobre o uso da história e da filosofia da ciência, pois, embora não seja nossa *expertise*, sempre que possível lançamos mão desses recursos, que certamente requerem planejamento e muita pesquisa para serem adequadamente utilizados.

Em alguns casos eles favorecem a abordagem de algum tema, em outros permitem melhores contextualizações, ou ainda podem auxiliar no estabelecimento de um paralelo que facilite o entendimento da evolução de algum conceito ou ideia.

Em suma, nos permitem:

- (i) despertar o interessante e a curiosidade, sendo excelente fator motivacional;
- (ii) mostrar que as dúvidas são normais mesmo entre os cientistas;
- (iii) facilitar a aprendizagem ao traçarmos paralelos entre a evolução das ideias na ciência e o pensamento dos alunos;
- (iv) apresentar uma visão mais realista da ciência como construção humana, demonstrando suas falhas e limitações;
- (v) mostrar que eventualmente certos conceitos levam tempo para serem estabelecidos. E que uma nova ideia não se estabelece simplesmente devido à sua verificação experimental e/ou fundamentação sólida, mas que também depende de aspectos sociais, políticos, filosóficos e até mesmo religiosos;
- (vi) apresentar o processo de construção do conhecimento como naturalmente ocorre, com erros e acertos;

Em particular, no que se refere à evolução das ideias sobre a relação força-movimento, há mais de 30 anos utilizamo-nos desse recurso, invariavelmente com sucesso. Inclusive, ao longo de todos esses anos já iniciamos inúmeras vezes nossa apresentação da mecânica newtoniana através dessa perspectiva, que foi materializada com a redação do capítulo 9 do livro de Mecânica da coleção Física (Ensino Médio), da qual somos coautores (Anexo C).

3. OUTROS PONTOS A DESTACAR

Sempre nos motivou a possibilidade de redigir uma Tese que, além da responder à questão de pesquisa, permitisse apresentar elementos que nos auxiliaram no trabalho com o alunado, particularmente na Educação Básica. Por esse motivo, recheamos o texto com considerações sobre nosso percurso, bem como, nossa revisão de literatura foi além da necessária para a fundamentação de nossa investigação. O que pode parecer desnecessário, teve algum peso no desenvolvimento de nossos Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo – PCK, do inglês *Pedagogical Content Knowledge* – que, para Lee Shulman³⁴, representa o conhecimento que os professores de uma disciplina desenvolvem e utilizam no processo do ensino e que os distingue de especialistas nessa disciplina.

Como Shulman, acreditamos que o *Ensino*, enquanto profissão, possua um campo de conhecimentos que podem ser sistematizados e comunicados a outros. Portanto, embora não seja o objetivo principal deste trabalho, pretensamente registramos elementos que, a nosso ver, podem ajudar o desenvolvimento de colegas de profissão, principalmente, dos novatos.

3.1. A EVOLUÇÃO DE NOSSA PROPOSTA

Na seleção de nosso ingresso no doutorado apresentamos a proposta de pesquisa intitulada *Uma Nova Perspectiva Curricular para o Ensino de Física no Nível Básico*, no

³⁴ Lee Shulman é um pesquisador norte-americano, professor emérita da Universidade de Stanford, que em seu artigo intitulado *Conhecimento e ensino: fundamentos da nova reforma*, publicado em 1987, apresentou três constructos para a compreensão e pesquisa da prática docente, desde então influenciando pesquisadores de diversas áreas do conhecimento.

qual apontávamos a intenção de investigar e propor possibilidades para a introdução de temas de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica.

Decorridos três anos desde o nosso ingresso, para nosso exame de qualificação, ainda com foco na introdução de temas de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica, apresentamos *Uma Proposta Moderna para o Ensino de Física na Educação Básica*.

Todavia, com o feedback obtido na qualificação e premidos pelo tempo que nos restava para concluir o doutorado, já sob a orientação do prof. Dr. Jorge Simões de Sá Martins, fomos pragmáticos e optamos por desenvolver, no presente trabalho, um estudo de caso sobre a atuação nas aulas de Física – em turmas do Ensino Médio de duas escolas da rede pública de Niterói – de um grupo de Licenciandos em Física da Universidade Federal Fluminense (UFF) participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Em verdade, foi na virada de 2018 para 2019 que definimos esse caminho e, mesmo sem muita clareza sobre como concretizar a nova proposta, começamos a participar das reuniões que o citado grupo de participantes do PIBID – *pibidianos*, como passamos a denominá-los – realizava semanalmente no Instituto de Física da UFF. Reuniões estas que eram coordenadas pelo prof. Jorge Sá Martins, nosso orientador.

A pouco e pouco as coisas foram clareando e nossa investigação foi sendo mais bem estruturada, como será mais bem detalhado no capítulo 5.

3.2. O PIBID E OS PIBIDIANOS

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (abreviadamente, PIBID), é um programa da CAPES que oferece bolsas de iniciação à docência para licenciandos com o propósito de promover sua imersão na realidade cotidiana de escolas da rede pública, para melhor prepará-los para o exercício do magistério nessas escolas, ao concluírem sua graduação.

Trata-se de uma iniciativa que articula o ensino superior com as escolas públicas visando a melhoria do ensino, promovendo maior integração das secretarias estaduais e municipais de educação com as universidades públicas, bem como a formação de professores para a Educação Básica, principalmente a formação específica de professores das disciplinas mais carentes.

No que concerne à nossa investigação, devemos aqui registrar que todos os licenciandos nela envolvidos pertenciam ao grupo do PIBID coordenado pelo prof. Jorge (nosso orientador) e também eram bolsistas da CAPES.

Sendo assim, eram periodicamente avaliados, pelo coordenador do grupo, através de relatórios encaminhados à CAPES, o que muito facilitaria nossa verificação com relação a alterações relevantes em suas condutas.

3.3. NOSSO PONTO DE VISTA

Vemos a Educação Básica como a fase da escolaridade dedicada à formação cidadã e o Ensino Médio como a fase mais propícia ao desenvolvimento dos alunos dentro de uma perspectiva libertadora. Nessa fase, a princípio, a Física é vista como mais uma das disciplinas “a enfrentar”, embora seu estereótipo a coloque como uma das “mais difíceis” ... “coisa de gênio ou maluco” etc.

Todavia, seu caráter experimental permite diferenciá-la e, tanto os experimentos quanto as situações inusitadas das quais podemos lançar mão, servem para aguçar a curiosidade e detonar ciclos virtuosos de busca pelo entendimento.

Nesse contexto, a utilização de elementos cotidianos e do relacionamento com as demais disciplinas pode e deve ser trabalhado, ampliando o leque de fatores favoráveis à sedução do alunado para os estudos.

Sem descuidar dos conteúdos que lhe são próprios, nem da perspectiva científica de resolução de problemas, com raciocínio baseado em evidências, é fundamental levar o alunado à conscientização de que a Física é uma construção humana e que os cientistas a desenvolveram (e desenvolvem) com seus erros e acertos, pois que, deste modo, os alunos poderão perceber que mediante esforço próprio, poderão entendê-la e até mesmo, quem sabe, desenvolvê-la, caso se empenhem para tanto. O que é facilmente comprovado pelos inúmeros ex-alunos que hoje são Físicos em diversas áreas e por diversos países mundo afora.

Contudo, particularmente na atualidade, lecionar qualquer disciplina na Educação Básica é um grande desafio. Razão pela qual, procuramos inserir neste texto elementos que ajudem no desenvolvimento de um Ensino mais prazeroso e eficaz, dentro das possibilidades existentes e acessíveis a qualquer professor.

Vale lembrar o que a experiência nos mostrou, como também já dissemos, que embora a aprendizagem possa acontecer em âmbito coletivo, o ato de aprender é essencialmente individual e, via de regra, um indivíduo só aprende quando quer e se esforça para isso.

Assim, a *motivação* assume uma posição de destaque, como uma das mais importantes para o sucesso de nossa empreitada, colocando o *fazer querer* simultaneamente como principal objetivo e maior desafio para o magistério de qualquer disciplina.

E não podemos esquecer que o repertório de estratégias que o professor possui é fundamental para o impulso motivacional que, uma vez iniciado, geralmente produz o tal círculo virtuoso realimentando o processo e até mesmo alastrando-o para outras disciplinas.

3.4. UMA QUESTÃO SOBRE A INVESTIGAÇÃO

Ao redesenharmos nossa investigação, assumimos uma posição delicada face ao que pretendíamos comprovar, uma vez que em todos os grupos sociais reunidos para o desenvolvimento de tarefas, a introdução de novidades gera motivação adicional em sua

consecução. O que também acontece quando em uma investigação como a nossa, o grupo sabe que se encontra sob observação. Nessas duas perspectivas, comportamentos se alteram e, usualmente, verificam-se acréscimos na produtividade. Com isso, de certo modo, nossos resultados poderiam ficar nublados. A esse respeito, estudos como “*a experiência de Hawthorne*” devem ser levados em conta, pois fornecem elementos que podem ser extrapolados para as salas de aula.

Em 1924, o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (National Research Council) iniciou, na fábrica de Hawthorne, da Western Electric Company, em Chicago, uma série de experimentos para verificar o quanto a iluminação afetava a produtividade. Verificou-se que a cada alteração na iluminação, houve melhora na produtividade, porém, ao se retornar às condições de iluminação iniciais, a produtividade continuou alta, indicando que a atenção dada ao ambiente de trabalho era o fator preponderante, e não a luminosidade em si. Ao longo dos anos, os estudos e experimentos em Hawthorne, que se prolongaram até 1932, ampliaram bastante o foco inicial, abordando também aspectos de duração do trabalho, intervalos, incentivos, e outras questões relevantes para os colaboradores, tendo, inclusive a participação de Elton Mayo (psicólogo, sociólogo, pesquisador e professor da Harvard Business School), e tomando-se um marco no estudo de produtividade no trabalho, ao lado dos estudos de Frederick Taylor – Os Princípios da Administração Científica no Trabalho, publicados em 1911 (enquanto Taylor focou mais o indivíduo, os estudos em Hawthorne focaram mais o grupo, e os aspectos sociais envolvidos).

Dos estudos, surgiu o conceito de efeito Hawthorne: “**O efeito Hawthorne é a mudança de comportamento que os indivíduos têm pelo fato de saberem que estão sendo foco de atenção.**” Existem diferentes versões (não há uma versão oficial) em relação ao efeito Hawthorne, ainda que girem, obviamente, em torno do mesmo ponto. Segundo o dicionário britânico Oxford: “**O efeito Hawthorne é a mudança de comportamento que os indivíduos em estudo têm pelo fato de saberem que estão sendo observados**”, em tradução livre do texto original em inglês “*The alteration of behaviour by the subjects of a study due to their awareness of being observed*”. O dicionário americano Merriem-Webster diz: “**O efeito Hawthorne é o estímulo ao resultado e à realização que advém do simples fato de estar sob observação**”, em tradução livre do texto original em inglês: “*The stimulation to*

*output or accomplishment that results from the mere fact of being under observation”.*³⁵

Outra perspectiva interessante sobre esse efeito encontramos com CHIAVENATO quando nos diz:

A experiência de Hawthorne concluiu que: o nível de produção é determinado pela capacidade social do empregador e não a fisiológica; o comportamento do indivíduo se apoia no grupo; as empresas são compostas por grupos sociais informais que definem o comportamento e outros aspectos importantes à produção; a compreensão das relações humanas permite uma atmosfera sadia aos funcionários; a especialização do trabalho não é sinônimo de eficiência, os operários trocam de função para evitar a monotonia; os elementos emocionais merecem atenção.

Portanto, a ênfase passou a ser dada às pessoas que participam ou trabalham nas organizações e não mais na tarefa ou estrutura organizacional. Isto foi possível devido ao desenvolvimento das ciências humanas, principalmente a Psicologia do Trabalho.³⁶

O grifo é nosso, e destaca um interessante ponto a ser observado em nossas salas de aula.

A questão social é, evidentemente, uma questão importante para o Ensino de qualquer disciplina, e não é sem motivo que dizemos: *ainda que a aprendizagem aconteça em âmbito coletivo, o ato de aprender é essencialmente individual*, e que: *a experiência nos mostrou que um indivíduo só aprende quando quer e se esforça para isso. O que torna o **fazer querer** como o principal objetivo e maior desafio para o magistério de qualquer disciplina.*

Justificamos então nossa preocupação com o presente trabalho, no qual desenvolvemos, essencialmente, um estudo de caso interagindo com os grupos sociais. Além disso, naturalmente admitimos que, por mais que tenhamos nos preocupado com a neutralidade em nossas escolhas e observações, devemos admitir que somos carregados de valores e,

³⁵ [VARGAS, 2018]

³⁶ [CHIAVENATO, 1979, p.101]

certamente, esses valores produzem um viés próprio quando realizamos nossas observações, tanto quanto nossas análises, como discutiremos mais adiante nos capítulos 6 e 7.

3.5. OUTROS OMBROS

Recordemos Sir Isaac Newton, quando disse: “*Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes*” e precisamos admitir que muito gigantes nos serviram de apoio. Todavia, nos permitiremos realizar singelo recorte com apenas algumas dessas influências, as que julgamos apropriadas para o momento. Outras aparecerão ao longo dos demais capítulos.

A primeira delas se refere à duas interessantes e importantes propostas americanas para o Ensino de Física que, inclusive, contemplam a inserção de conteúdos de FMC: o Physical Science Study Committee (PSSC)³⁷ e o Projeto Física de Harvard³⁸. Embora a análise destes projetos fuja ao escopo deste trabalho, precisamos registrar nossa admiração por ambos, por demais ricos de primorosas apresentações e materiais a serem explorados, cabendo ainda ressaltar que cada qual, dentro de suas características próprias, trata com o maior cuidado os aspectos conceituais da Física, além da perspectiva experimental. Contudo, importa ainda observar que embora um projeto explore mais a evolução histórica que o outro, em nossa opinião, ambos propõem um ensino centrado na Física pela Física, mas vale serem conhecidos, razão pela qual os mencionamos aqui.

Certo modo, em contraposição a esse ensino centrado na Física pela Física, destacamos ainda o Physics Everyday Thinking™ (PET), uma proposta curricular, também americana, com vertente experimental e metodologia de ensino por investigação. O PET foi inicialmente proposto para atender à demanda de Ensino de Física fora do escopo da formação de

³⁷ O PSSC é um projeto norte americano para o Ensino de Física, desenvolvido na década de 1950 pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), que se espalhou ao redor do mundo fazendo muito sucesso durante os anos 1960 e 1970.

³⁸ O Projeto Harvard se dedicou, em nível nacional norte americano, ao desenvolvimento curricular para o ensino de Física no nível médio, tendo vigorado entre os anos 1970 e 1980.

engenheiros e cientistas, particularmente destinado aos cursos de preparação de professores para a Educação Básica.

Em seu artigo *Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking*, Goldberg et al. descrevem:

Existe uma necessidade nacional de cursos de física projetados para não cientistas, particularmente voltados à perspectiva e prática de professores de ensino fundamental e médio. Entre os problemas está a necessidade de cursos de graduação em ciência que não abordem apenas os conteúdos fundamentais, mas também, e explicitamente, a natureza do conhecimento científico, a ciência como um esforço humano e os conceitos e processos unificadores da ciência. Pesquisadores e desenvolvedores de currículos responderam desenvolvendo currículos de ciências físicas baseados em investigações, especialmente para a população principal pós-secundária e não-científica. (...) Entre esses cursos, apenas *Physics and Everyday Thinking* e *Physical Science and Everyday Thinking* demonstraram mudanças positivas replicáveis em atitudes e crenças dos estudantes em várias implementações diferentes, com diferentes instrutores e em diferentes tipos de instituições.³⁹

Em sequência, no artigo, descrevem os cinco princípios, obtidos nas áreas de pesquisas das ciências da cognição e da educação, que nortearam o desenvolvimento do PET. São eles, resumidamente:

- ✓ Aprendizagem baseia-se em conhecimentos prévios.
- ✓ A aprendizagem é um processo complexo que requer “andaimes”.
- ✓ A aprendizagem é facilitada através da interação com ferramentas.
- ✓ A aprendizagem é facilitada através de interações com os outros.
- ✓ A aprendizagem é facilitada pelo estabelecimento de certas práticas e expectativas comportamentais específicas.

De certo modo, dialogam com as premissas do nosso Projeto *Galera da Física* (que apresentaremos no capítulo 3) e, podemos dizer que ambas as propostas, (re)estruturando

³⁹ [GOLDBERG, 2010, p. 1265] (tradução nossa)

currículos e metodologias, buscam novos encaminhamentos e o engajamento do alunado, sem dispensar o rigor conceitual, mas dedicando esforços ao empoderamento dos alunos, entendendo que através de prática investigativa em Física eles vislumbrarão como a Ciência se desenvolve e assim, melhor se prepararão para o enfrentamento das situações que o futuro lhes reserva.

Michael Ross, em sua Tese de Doutorado sobre o PET, afirma:

O currículo de Physics Everyday Thinking™ foi projetado para modelar as práticas centrais da ciência e proporcionar oportunidades para os alunos extraírem princípios gerais de física e para desenvolver modelos científicos a partir de evidências laboratoriais. ... a indução científica não é apenas um processo que está ao alcance da capacidade de estudantes de escola de nível médio, mas que eles também gostam.⁴⁰

Inquestionavelmente, no que se refere ao Ensino de Física na Educação Básica, a metodologia empregada é fator preponderante. Partilhamos da ideia de que o conteúdo deve ser alvo de rigorosa preocupação, contudo não deve ser considerado como o ponto mais importante.

4. NOSSA BUSCA NESSA INVESTIGAÇÃO

Buscávamos verificar se o trabalho de preparação realizado com os pibidianos para sua atuação nas salas de aula da Educação Básica poderia empoderar esses pibidianos e, por consequência, propagar esse empoderamento aos alunos por eles assistidos⁴¹.

Nossa hipótese, com base na experiência acumulada ao longo dos anos de magistério, pressupunha que se fornecêssemos aos pibidianos uma perspectiva singular e holística, com encaminhamentos diferenciados baseados nos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (SHULMAN 1986, 1987) desenvolvidos em nossa trajetória, poderíamos instigá-los para que,

⁴⁰ [ROSS, 2013] (tradução nossa)

⁴¹ Utilizamos o termo *aluno(s)* apenas para nos referirmos aos alunos da Educação Básica, e o termo *pibidiano(s)* para nos referirmos aos licenciandos pertencentes ao grupo do PIBID.

apesar de não serem os professores regentes das turmas, sua interação com os alunos resultasse em incremento significativo no desempenho desse alunado, particularmente, nos resultados daqueles alunos que apresentassem históricos de baixo desempenho.

4.1. NOSSO OBJETIVO E QUESTÃO DE PESQUISA

Acreditando na viabilidade de nossa hipótese, procuramos verificar:

1. se nossa atuação nos encontros semanais promoveria empoderamento dos pibidianos;
2. se nossa atuação nos encontros semanais produziria motivação significativa;
3. se a motivação e/ou o empoderamento adquiridos se propagariam através das ações dos pibidianos junto aos alunos, particularmente para aqueles que apresentassem históricos de baixo desempenho.

Assim sendo, considerando que em nosso entendimento a motivação e o empoderamento são fatores importantes para o processo ensino-aprendizagem, definimos a seguinte questão de pesquisa como norte para nossa investigação:

É possível trabalhar com os pibidianos para que propaguem motivação e empoderamento em suas ações junto aos alunos da Educação Básica, em particular, auxiliando alunos que apresentem históricos de baixo desempenho?

CAPÍTULO 2

A EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA ACUMULADA

*“Há três coisas que nunca voltam atrás:
a palavra proferida, a flecha desferida e a oportunidade perdida.”*

Provérbio Chinês

1. INTRODUÇÃO

Recentemente ultrapassamos a marca de 40 anos dedicados ao magistério da Física em salas de aula na Educação Básica, lecionando em diversas escolas de Niterói e Rio de Janeiro. Mais esporadicamente também ministramos palestras e cursos no Ensino Superior.

Como já o dissemos no primeiro capítulo, ao longo de todo esse tempo sempre nos preocupamos em traduzir para a linguagem dos alunos, de forma clara e objetiva, todos os conceitos e raciocínios que julgamos pertinentes, mesmo que eles não estivessem inseridos formalmente nos programas a cumprir e/ou nos famigerados programas dos exames vestibulares.

Com isso, pudemos testar diversos encaminhamentos e abordagens alternativas para os mais variados temas e, em muitos casos, acabamos elaborando material próprio. Foi assim que nos tornamos autores de alguns materiais didáticos e, em particular, em parceria com o prof. Luiz Alberto Guimarães, redigimos uma coleção dedicada ao Ensino de Física na Educação Básica que incorpora várias destas inovações. Foi surpreendente para nós em um dado momento constatar o quanto nossos livros eram demandados por muitos colegas.

Como não contávamos com qualquer apoio ou financiamento, viabilizamos a comercialização da coleção abrindo uma editora própria (hoje desativada). E acabamos criando um projeto completo dedicado ao Ensino de Física nesse nível, denominado *Galera da Física*, que será mais bem apresentado no Capítulo 3.

Não nos restam dúvidas de que mesmo estando “fora” do ambiente acadêmico, durante os anos em que esse projeto foi levado a efeito, ele produziu significativo impacto sobre a prática de um sem-número de professores, tanto no âmbito público quanto no particular, principalmente por:

- (i) fornecermos textos e materiais de apoio para o trabalho em sala de aula;

- (ii) promovermos cursos para professores (em exercício e/ou em formação), muitas vezes ministrados nos SNEFs, vez por outra em encontros promovidos por nós mesmos para os professores adotadores da coleção; e
- (iii) produzirmos e doarmos, para as escolas que adotavam a coleção, *kits de experimentos* especialmente preparados para apoiar o desenvolvimento proposto nos livros. Sendo que também, vez por outra, doávamos kits para as escolas mais carentes que “compravam” apenas alguns exemplares da coleção para suas bibliotecas.

2. BREVE CRONOLOGIA

Nossa atração pelas Ciências foi evidente desde tenra infância. A busca por entender o funcionamento das coisas era uma constante e, quando ingressamos no 2º grau (atual Ensino Médio), logo nos identificamos com a Física, particularmente com o seu aspecto experimental, pelo qual nos apaixonamos.

Nos destacamos nas aulas, pelo entendimento fácil e pela ajuda que prestávamos aos colegas. Não demorou para que fôssemos convidados para atuarmos na monitoria do laboratório de Física da escola. Nessa monitoria preparávamos e ministrávamos aulas práticas, bem como tirávamos dúvidas dos alunos, mas também estudávamos e éramos incentivados a testar e produzir experiências que normalmente geravam novos “roteiros experimentais”. Aí surgiram nossas primeiras notas de aula e rapidamente começamos a ministrar aulas particulares. Depois vieram as aulas para os alunos que ficavam de “segunda época”. Posteriormente, as aulas em cursinhos pré-vestibulares e ... nunca mais saímos das salas de aula.

Em 1981, quando ingressamos no curso de Física da UFF, já lecionávamos. Para tanto já havíamos estudado, com alguma profundidade, boa parte dos conteúdos da *Física Clássica*, bem como já havíamos nos iniciado no estudo do *cálculo diferencial e integral*. Nesse mesmo ano, ainda atuávamos no laboratório onde nos iniciamos na monitoria, quando fomos

convidados pelo professor com o qual trabalhávamos, para estagiar no laboratório de Física do Centro Educacional de Niterói¹ (CEN), onde conhecemos o prof. Luiz Alberto Guimarães – à época Professor e Coordenador da Física nessa escola, além de Professor no IF-UFF. No CEN, após o segundo ano de estágio galgamos a condição de “professor de laboratório”, ficando responsáveis pela preparação e condução das experiências realizadas com os alunos, em apoio ao trabalho desenvolvido nas salas de aula.

No ano seguinte, saímos do CEN e logo fomos contratados pelo saudoso prof. Dalton Gonçalves para preparar o curso de Física que seria ministrado na primeira turma de 8ª série (atual 9º ano) que concluiria o 1º grau (atual Ensino Fundamental) na escola que ele fundara em Niterói, a Aldeia Curumim².

Era incrível, mas o autor dos livros nos quais estudáramos, o próprio Dalton Gonçalves, nos havia contratado para desenvolver o ensino de física em sua escola. Com isso, passamos um ano inteiro nos dedicando à preparação do curso que ministrariamos. Idealizamos experimentos e também montamos o laboratório de ciências da escola, mas principalmente redigimos as notas de aula que seriam utilizadas pelos alunos no ano seguinte.

Sim, era quase um sonho, pois que havíamos sido contratados pelo próprio Dalton para idealizar, preparar e ministrar o 1º curso de Física para a 1ª turma da Aldeia a completar o 1º grau. E o mais incrível é que não existiam as amarras de um programa a cumprir. Dalton havia nos dado “carta branca” para selecionar e trabalhar os conteúdos que julgássemos os mais convenientes. Foi um verdadeiro privilégio conviver com o prof. Dalton e desfrutar do aprendizado inerente ao trabalho realizado sob sua supervisão e orientação. Foi a primeira vez

¹ Uma escola experimental com características e pedagogia peculiares, fundada em 1960. Sua unidade de Educação Básica, Centrinho, possui o site <http://www.centrinho.g12.br> (acessado em 29/02/2020)

² A Aldeia Curumim é uma escola fundada em 1976 com um trabalho pedagógico diferenciado e peculiar, atuando da Educação Infantil até o 9º ano do Fundamental. Site: www.aldeiacurumim.com.br (acesso em 10/11/2019).

que trabalhamos com tamanha liberdade, bem como, também foi a primeira vez que ousamos apresentar alguns tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para alunos desse nível.

Sem sombra de dúvida tivemos aí uma vivência ímpar e podemos dizer que esse período na Aldeia Curumim foi uma das experiências mais ricas que já tivemos a oportunidade de vivenciar no magistério até os dias atuais.

Todavia, como costumamos dizer, nossa vida profissional só começou realmente a partir de 1985, quando conseguimos nosso “registro provisório”³ e passamos a lecionar em diversas escolas simultaneamente. Foi neste momento que infelizmente constatamos que a qualidade do trabalho é prejudicada pelo excesso de aulas ministradas, ao passo que o salário só se torna satisfatório com um número substancial de aulas ministradas. Por isso, durante bom tempo tivemos que nos desdobrar, apesar de ser impossível manter a qualidade desejada com um número grande de aulas semanais. Resolvemos então mudar de rumo. Alteramos nossas prioridades, reduzimos a carga de aulas e nos dedicamos a concluir a graduação. Porém, a necessidade de complementar renda permanecia, o que nos levou a dedicar parte do tempo à informática, no desenvolvimento de sistemas computacionais para pequenas empresas e/ou para atender a profissionais liberais. Como resultado, só conseguimos concluir nossa Licenciatura em Física na UFF no ano de 1987.

No início desse mesmo ano (1987), a convite do prof. Luiz Alberto Guimarães, retornamos ao CEN lecionando Física nas turmas do Ensino Médio, em particular lecionando para as turmas da 3^a série. Foi nesse retorno ao CEN que surgiu a parceria com o prof. Guimarães, a partir da qual muitos desdobramentos se sucederam. Por exemplo, para o trabalho alternativo que desenvolvíamos com os alunos, redigimos notas de aula específicas. Essas notas

³ Dispositivo legal comum à época, que habilitava ao magistério antes de concluída a graduação.

foram então integradas às notas de aula do prof. Luiz Alberto, dando origem às primeiras apostilas, que formaram a base da coleção Física de nossa autoria.

Em verdade, como será melhor detalhado no Capítulo 3, além das notas de aula e da experiência acumulada, investimos muitos anos na redação de nossa coleção e durante esse período tivemos a oportunidade de incorporar muitos dos resultados apontados pelas pesquisas na área⁴, principalmente os resultados obtidos com a dissertação de mestrado de Luiz Alberto⁵.

Importante ainda ressaltar que, tanto na Aldeia quanto no CEN, sempre pudemos trabalhar com total liberdade e autonomia, o que nos permitiu inovar.

Fazia tempo que tentávamos conciliar *ensino* e *computação*, mas somente em 1994 conseguimos acomodar as coisas e iniciamos um mestrado (inconcluso) na área da *Informática na Educação* na COPPE Sistemas, da UFRJ. Paralelamente surgia outro resultado da parceria com Luiz Alberto, pois nesse mesmo ano idealizamos e implementamos um setor de pesquisa e desenvolvimento no CEN dedicado à informática educativa, que recebeu a denominação de *Bureau de Informática e Tecnologia do CEN* (BITCEN)⁶, tendo sido a primeira escola no Brasil a acessar a Internet através da Rede Rio de Computadores, via UFF.

Enquanto seguíamos o ritmo frenético das disciplinas do mestrado⁷ na COPPE Sistemas, o trabalho no BITCEN nos rendeu um convite para participar de um curso em Israel sobre *Educação para Ciência e Tecnologia*. Contrariando nossa orientação no mestrado aceitamos o convite e, ao retornar ao Brasil levamos ainda um tempo para perceber que não conseguiríamos desenvolver a dissertação que pretendíamos. Acabamos trancando o mestrado.

⁴ A pesquisa em Ensino de Física nos anos 1970/80, essencialmente, se centrava no mapeamento das concepções alternativas apresentadas pelos alunos. Mas, já despontavam resultados sobre o uso da história da ciência.

⁵ “*Concepções Prévias*” x “*Concepções Oficiais*” na Física do 2º grau. Faculdade de Educação, UFF, 1987.

⁶ Fato raro à época, com aprovação da FAPERJ, ligamos o CEN à INTERNET pela Rede Rio, via UFF.

⁷ Registre-se que todas as disciplinas pertenciam à área da Informática, nenhuma à área da Educação.

Seguiram-se anos de intensa atividade. No projeto *Galera da Física*: assinamos contrato com uma editora⁸ para o lançamento nacional da coleção e iniciamos palestras, cursos e viagens de divulgação pelo Brasil; no BITCEN: pesquisa e desenvolvimento de projetos para o uso de Informática na Educação. Obviamente a apropriação da tecnologia foi incorporada ao projeto *Galera da Física* e, em 1978, produzimos um CDROM⁹ com tecnologia multimídia para cada livro, além do site www.galeradafisica.com.br (atualmente desativado).

Infelizmente, em 1999 o CEN entrou em uma grave crise administrativa, cujos detalhes não cabe aqui aprofundar. Nesta altura, devido ao grande número de alunos, a Educação Básica funcionava em suas duas unidades, com os alunos mais velhos na sede do Centro da cidade de Niterói (o CENtrão) e os alunos mais novos na sede do Pé Pequeno (o CENtrinho). Porém, devido à crise, a escola “encolheu” e a Direção Geral resolveu alocar todos os alunos no Centrinho. Durante esse período, Luiz Alberto saiu da escola e, com o passar do tempo, nossa parceria se desfez. Ele seguiu gerindo a editora e o projeto *Galera da Física*, onde permanecemos apenas contribuindo na autoria.

Apesar da crise continuamos na escola e, ao final de 2005, quando ocorreu a eleição para Diretor da Educação Básica, fomos eleitos pela comunidade de professores e funcionários para o cargo. Assumimos a Direção estabelecendo como estratégia básica para a saída da crise, a concentração de “massa crítica” com a filosofia e pedagogia peculiares da escola. Para tanto contratamos professores alinhados, muitos dos quais ex-alunos, visando incentivar a ousadia pedagógica característica do CEN. Acabamos resgatando práticas que sempre caracterizaram o CEN como uma escola que fazia a diferença na vida dos alunos.

⁸ A essa altura havíamos crescido em estrutura, mas ficava difícil atender à demanda nacional. Iniciamos então uma parceria para lançamento nacional com a editora Harbra, que passou a comercializar nossa coleção fora do Estado do Rio.

⁹ Produzimos o 1º CDROM (à época ainda não existia o DVD) vinculado a um material didático de física no Brasil. Todavia, a resistência da editora Harbra em investir e acompanhar o aprimoramento do projeto inviabilizou nossa parceria.

Concomitantemente ao mandato de Diretor do Centrinho (entre 2006 e 2008), iniciamos e concluímos nosso mestrado em Educação na UFF. Nossa perspectiva inicial era a de trabalhar com a introdução de temas de Física Moderna e Contemporânea no nível médio a partir do ensino da Óptica Geométrica, porém acabamos nos debruçando sobre a questão do *saber docente* imbricado no Ensino de Física nesse nível, como será melhor explicado mais adiante.

A rigor, nunca nos afastamos completamente do ambiente acadêmico. E forçoso é reconhecer que nossas participações nos SNEFs nos permitiram constatar um aumento paulatino no número de relatos sobre os impactos de pesquisas acadêmicas nas salas de aula da Educação Básica. Tal constatação nos levou a verificar a diminuição do hiato existente entre a “realidade” das pesquisas e a realidade das salas de aula, sendo esse um dos motivos que nos levou a buscar o Mestrado.

Segundo Almeida (2006), *um número cada vez maior de pesquisadores vai diretamente ao ambiente escolar, principalmente as salas de aula, a fim de analisar os saberes práticos dos docentes em interação com seus alunos* (ALMEIDA, 2006, p.24), dentre os quais cita: Porlán (1993); Porlán & Rivero (1998); Gil, Carrascosa & Martínez (2000); Cachapuz (1999) e Cachapuz, Praia e Jorge (2002).¹⁰

Nosso projeto de ingresso no mestrado foi especificamente voltado para o Ensino de Física no nível médio, com título: *Uma perspectiva para o ensino de física moderna e contemporânea no nível médio, com base na “evolução” de conceitos clássicos*. Com ele o iniciamos em 2006, na Faculdade de Educação da UFF, no Campo de Confluência: *Ciências, Sociedade e Educação*. Contudo, durante o mestrado acabamos mudando de rumo e nos debruçamos sobre o *saber docente*, concluindo em 2008 com a dissertação: *Examinando os Saberes da Experiência: um estudo de caso no ensino de física de nível médio*. Nessa pesquisa, tivemos a oportunidade de observar a prática docente sob nova perspectiva, aprofundando

¹⁰ [FONTEBOA, 2008, p. 22]

entendimentos e questões de interesse que, em sentido *lato* e nos domínios institucionais e pedagógicos da prática docente nos levaram a alinhar opiniões com Tardif e Raymond:

Do ponto de vista profissional e da carreira, saber como viver numa escola é tão importante quanto saber ensinar na sala de aula. Nesse sentido, a inserção numa carreira e o seu desenrolar exigem que os professores assimilem também saberes práticos específicos aos lugares de trabalho, com suas rotinas, valores, regras etc.¹¹

Nessa trajetória, ampliamos horizontes quanto ao Ensino de Física para além da Física e, mesmo tendo percebido avanços nas pesquisas com foco na realidade das salas de aula, concordamos com Tardif¹², e o consideramos ainda atual quando diz:

(...) uma pesquisa não sobre o ensino e sobre o professor, mas para o ensino e para o professor. Noutras palavras, se a pesquisa universitária vê nos professores sujeitos do conhecimento, ela deve levar em consideração seus interesses, seus pontos de vista, suas necessidades e suas linguagens, e assumir isso através de discursos e práticas acessíveis, úteis e significativas para os práticos. Se sou um professor numa Universidade no Rio de Janeiro e publico um artigo em inglês numa boa revista americana, é claro que isso é excelente para o meu currículo e para a minha ascensão na carreira universitária, mas será que isso tem alguma utilidade para os professores do bairro da Pavuna nesta cidade? Este exemplo mostra que a pesquisa universitária sobre o ensino é demasiadas vezes produzida em benefício dos próprios pesquisadores universitários. Noutras palavras, ela é esotérica, ou seja, modelada para e pelos pesquisadores universitários e enunciada em linguagem acadêmica e em função das lógicas disciplinares e das lógicas da carreira universitária. Em consequência, ela tende a excluir os professores de profissão ou só se dirige a eles por meio de formas desvalorizadas como a da vulgarização científica ou da transmissão de conhecimento de segunda mão.¹³ (*grifo nosso*)

Como dissemos, concomitantemente ao ingresso no Mestrado, em 2006, nos iniciamos na Direção da Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói, Centrinho, escola experimental onde atuávamos ininterruptamente no magistério desde 1987 e que sempre nos ofereceu possibilidades para o desenvolvimento de trabalhos alternativos com nossos

¹¹ [TARDIF & RAYMOND, 2000, p.217 apud FONTEBOA, 2008, p.30]

¹² Maurice Tardif - <http://www.mauricetardif.com> (acesso mai/2018)

¹³ [TARDIF, 2002, p.359]

alunos. Foi nessa instituição, e na Aldeia Curumim, que pudemos testar grande parte de nossas ideias e propostas pedagógicas, que serão parcialmente apresentadas mais adiante.

Ao concluirmos nosso Mestrado ainda dirigíamos a escola, e foi quando propusemos ao corpo docente alternativas à estrutura de funcionamento da instituição e ao desenvolvimento das disciplinas, pois a necessidade de mudanças já era por demais evidente. Todavia, não foi dessa vez que o coletivo se dispôs a ousar.

Em 2010 iniciamos nossa atuação no Centro Educacional Anísio Teixeira (CEAT), ministrando aulas de Física para as turmas de 3ª série do Ensino Médio, sempre dentro de uma perspectiva alternativa que utiliza a Física como instrumento de formação cidadã. O CEAT também é uma escola peculiar, que valoriza as Artes tanto quanto as Ciências e os Esportes. Razão pela qual lá permanecemos até 2021, e é onde encontramos mais um espaço que nos desafiava em nossa atuação no magistério, pois que os alunos já se encontravam na última série do nível médio e, portanto, já praticamente formados, mas ainda assim procuramos lhes apresentar uma Física útil, para além das fórmulas e decorebas.

Os anos se seguiram e em 2012, no Centrinho, finalmente conseguimos apoio suficiente para ousar na implementação de mudanças. Durante 2 anos (2012 e 2013) o corpo docente discutiu e preparou uma proposta que a partir de 2014 permitiu iniciar um projeto alternativo de trabalho que se mostrou extremamente interessante, levando todo corpo docente a se engajar cada vez mais e a desenvolver novas possibilidades de atuação dentro das mudanças propostas, como também será oportunamente apresentado.

Em 2015, buscamos o doutorado e a oportunidade para estruturar uma mudança no Ensino de Física visando impactar a Educação Básica, pois como também já dissemos, fomos testemunhas do Ensino de Física atuando como elemento catalisador de mudanças na postura dos alunos em relação à aprendizagem de um modo geral. Apresentamos nosso projeto de

ingresso com o título: *Uma Nova Perspectiva Curricular Para o Ensino de Física no Nível Básico*, onde nos propúnhamos a:

... verificar a possibilidade de reestruturação do ensino de física no nível básico, com perspectiva de alinhá-lo às novas demandas, adequando o currículo e elaborando material com proposta prática de inserção da FMC^(*) a partir da física clássica.¹⁴

(*) FMC é a "abreviação" de Física Moderna e Contemporânea

Hoje, menos ambiciosos e mais pragmáticos, face à realidade encontrada nesses anos de doutorado e a exiguidade do tempo para concluí-lo, viabilizamos uma proposta mais simples, realizando um estudo de caso, melhor detalhado no capítulo 5.

Durante nosso período na Direção do Centrinho, a escola iniciou um processo de recuperação, porém a FUBRAE¹⁵ resolveu iniciar uma experiência de CoGestão, firmando contrato com um grupo educacional já existente – algo como que arrendando a Gestão da escola, e ela então passou a ser efetivamente gerida pela empresa Sistema Educacional CeM Ltda. Todavia, quando terminamos nosso mandato e passamos a Direção para nosso sucessor, fomos convidados a permanecer na Direção Pedagógica da escola, tarefa que aceitamos e que cumprimos até 2021. Assim sendo, foram mais de 10 anos à frente da Direção Pedagógica do Centrinho, mas nunca deixando de atuar no magistério.

3. DIREÇÃO PEDAGÓGICA DE UMA ESCOLA EXPERIMENTAL

Em nossa concepção, o paradigma que fundamenta a instituição escola não mais atende às demandas dos alunos e da sociedade. Assim convictos, afirmamos que hoje na área da Educação *o que é velho não serve mais, porém o novo não existe ainda.*

¹⁴ [FONTEBOA, 2015, p. 12]

¹⁵ FUBRAE, Fundação Brasileira de Educação, com sede em Brasília/DF, à época era a Instituição mantenedora do Centrinho.

O Centrinho é uma escola experimental que apresenta singular prática pedagógica, que o distingue da maioria das escolas. Todavia, no que se refere à estrutura de funcionamento, delas não se afasta muito.

Após a crise que narramos, quando as coisas haviam se apumado e o trabalho pedagógico retomara suas características, verificamos que o desempenho dos alunos, particularmente do 8º ano do Ensino Fundamental em diante, demonstrava que ainda faltava alguma coisa.

Enquanto os alunos menores (até o 7º ano) em sua maioria aceitavam os desafios e trabalhavam de bom grado, os adolescentes (do 8º ano em diante) apresentavam muitos questionamentos e insatisfações por terem que seguir as regras propostas pela estrutura pedagógica de funcionamento da escola, uma vez que nesse particular o Centrinho pouco diferia das demais escolas. Melhor dizendo, questionavam tudo: “para que estudar, cumprir horários, frequentar as aulas etc.?”.

Acreditando que seria possível ousar mais uma vez, entre 2012 e 2013 fizemos uma proposta de reestruturação do trabalho desenvolvido, principalmente no que se referia às estruturas de funcionamento a partir do 2º segmento do Ensino Fundamental até o Ensino Médio, ou seja, do 6º ano do Ensino Fundamental em diante. Tivemos mais de um ano de discussões pedagógicas sobre como poderíamos mudar este estado de coisas. Até que, a partir de 2014 e dentro das possibilidades de uma escola experimental, implementamos uma proposta pedagógica na qual os alunos passaram a poder escolher trimestralmente algumas disciplinas diferenciadas em suas grades curriculares.

Não foi uma tarefa fácil, mas desse modo cada aluno passou a efetivamente ter uma grade curricular “própria”, distinta da grade de seus colegas de turma.

E ainda que não tenhamos conseguido a reestruturação ideal, identificamos resultados muito positivos, tanto no que se refere ao clima dentro do ambiente escolar, quanto ao empenho

e participação demonstrados pelos alunos nas disciplinas e atividades, tanto quanto nas disciplinas escolhidas, assim como disciplinas nas obrigatórias. Desse modo, acreditamos ter encontrado um caminho alternativo para modificar positivamente o *status quo*.

4. UM EXEMPLO DE REESTRUTURAÇÃO POSSÍVEL

Uma das estratégias que possibilitaram a reestruturação curricular mencionada no item 3, implementada do 2º segmento em diante, isto é, do 6º ano do Ensino Fundamental até a 3ª série do Ensino Médio, foi viabilizada pela redução de carga horária das disciplinas obrigatórias, que correspondem às disciplinas convencionais no desenvolvimento anual, abrindo espaço para a criação de diversas disciplinas trimestrais, inicialmente chamadas “disciplinas condicionadas”, que os alunos eram obrigados a cursar, porém com alguma flexibilidade quanto ao período no qual poderiam escolhê-las.

Isso foi possível devido ao Centrinho ser uma escola experimental e de horário integral, com a carga horária anterior dessas disciplinas obrigatórias sobejamente maior que a carga horária definida pela legislação e praticada pelas demais escolas.

Para dar um exemplo, no Ensino Médio reduzimos a carga horária das disciplinas obrigatórias Química e Física, criando diversas disciplinas condicionadas, algumas cujo conteúdo era trabalhado por ambas isoladamente. Foi o caso das disciplinas criadas sob os nomes *Estudos dos Gases* (EG) e *Introdução à Termodinâmica* (IT), que inclusive foram criadas com vinculação de requisito – a primeira devendo ser cursada antes da segunda. Ambas com duração trimestral, permitindo aos alunos escolher quando cursá-la, em algum momento entre a 1ª e a 2ª séries do Ensino Médio. Todavia, só podendo prosseguir para a 3ª série tendo cursado ambas.

Mas é preciso registrar que, no contexto atual, as escolas particulares enfrentam certa crise para a sustentação de suas propostas. Complicadas questões político-econômicas, cujos

fundamentos fogem ao escopo de nosso trabalho, afetam atualmente a implementação da proposta pedagógica que iniciamos, impondo a necessidade de ajustes. Acrescente-se às novas demandas que se impõem, a necessidade de atender à implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e à própria necessidade de reavaliação e correção de rumos do projeto original, principalmente em face da nova redução sofrida no número de alunos, fruto da crise.

Hoje não mais lecionamos no Centrinho, todavia, ao que sabemos, continua mantida a principal característica da proposta original, qual seja, a de permitir certa escolha de disciplinas por parte dos alunos.

CAPÍTULO 3

O PROJETO

GALERA DA FÍSICA

“A meu ver, a pior coisa para uma escola é trabalhar com métodos de medo, força e autoridade artificial. Esse tratamento destrói os sentimentos sadios, a sinceridade e a autoconfiança do aluno.”¹

Albert Einstein

¹ Citações de Einstein [STUDART, 2005]

1. BREVE RELATO

Demoramos cerca de dez anos, desde as primeiras apostilas, até completarmos a redação dos três volumes de nossa coleção dedicada ao Ensino de Física na Educação Básica. Todavia, sem falsa modéstia, nem querendo depreciar nossa participação na redação da coleção, faz-se necessário reconhecer o respaldo e a bagagem emprestada pela coautoria do prof. Luiz Alberto Guimarães, determinante na qualidade de sua redação final. Temos consciência da relevância e importância de nossas contribuições, fruto de nossos insights, da experiência acumulada e de nossas notas de aula com características singulares, mas é preciso referenciar a maestria do parceiro no desenvolvimento do trabalho que muito nos orgulha e no qual, indiscutivelmente, muito aprendemos, pois certamente foi uma experiência que muito contribuiu para o sucesso de nossas incursões no magistério.

Mais uma vez pedindo desculpas pela falta de modéstia, temos consciência de que com perspectiva própria e sem contar com qualquer apoio ou subsídio, juntos desenvolvemos um trabalho que foi muito além da produção de uma coleção. Tratou-se de verdadeiro projeto completo de ensino, denominado Projeto *Galera da Física*, que muito nos orgulha, não só pelo retorno obtido ao longo dos anos de sua utilização por alunos e professores, mas principalmente pela certeza de termos realizado um trabalho de qualidade, reconhecido por estes inúmeros professores e alunos.

Os livros da coleção se tornaram elementos catalisadores de nossa iniciativa, dedicada a apoiar o trabalho dos professores que compartilhavam de nossas ideias.

Uma vez que um dos volumes fosse adotado por uma escola, sua venda nos permitia a confecção e doação de pelo menos um kit de experimentos, especialmente desenvolvido para auxiliar o trabalho e levar os alunos à reflexão sobre suas concepções. No que fosse possível, a exemplo do que se havia conseguido com projeto do PADCT, ilustrávamos e auxiliávamos o

desenvolvimento desses conceitos, conjugando teoria e prática, ao valorizar mais do que usualmente o aspecto experimental da Física.

Até o primeiro semestre de 2015, mantivemos um site (hoje desativado) com acesso livre, elaborado especialmente para apoiar o trabalho de professores e alunos, repleto com material complementar que, além de textos diversos, continha inúmeros elementos ainda hoje pouco encontrados na maioria das coleções didáticas dedicadas a esse nível de ensino.

Embora, à época, a praxe dos textos dedicados à Educação Básica tivesse a Física Clássica como linha mestre, sempre que julgávamos interessante e/ou pertinente, inseríamos abordagens com perspectivas modernas, não como simples tópicos destacados, mas como consequência da evolução das ideias sobre os assuntos. Foi aí que começamos a vislumbrar caminhos para apresentar uma *Proposta Moderna para o Ensino de Física no Nível Médio*.

2. SINGULARIDADES DO PROJETO

Todo o trabalho que desenvolvemos no Projeto *Galera da Física* partiu da experiência adquirida com o Ensino da Física na Educação Básica, aliada à experiência vivenciada junto ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFF, com base nos seguintes pressupostos:

- ✓ *O aluno não é uma “tabula rasa”* – ele chega em sala de aula repleto de informações que adquiriu com as mais variadas fontes, bem como com concepções espontaneamente desenvolvidas sobre o funcionamento das coisas do mundo que o cerca. Tais ideias, embora não estejam necessariamente alinhadas às concepções científicas vigentes, nem possuam muita precisão e/ou coerência, devem servir de base (ponto de partida) para o desenvolvimento de seu aprendizado;
- ✓ *A motivação é mola mestra para o aprendizado* – o que, obviamente, nos levou a buscar elementos motivacionais para o encaminhamento dos variados temas;

- ✓ *A sala de aula deve ser um espaço de trabalho ativo* – a experiência nos mostrou que um método ativo de ensino é mais eficaz no envolvimento dos alunos, apresentando maior probabilidade de atingir os objetivos pretendidos para a Física nesse nível;
- ✓ *Adolescência é uma passagem do concreto para o formal* – embora nesse nível de escolarização os alunos já estejam ingressando na fase formal do raciocínio, via de regra eles ainda necessitam de “imagens concretas” para desenvolver seus esquemas e estruturas de pensamento;
- ✓ *Os adolescentes de hoje serão os profissionais de amanhã* – tendo em vista nossa incapacidade de previsão das reais demandas do futuro, a lógica nos leva a investir no desenvolvimento da criatividade, da autonomia e da iniciativa para o enfrentamento das situações-problema que lhes serão propostas, seja qual for a profissão escolhida.

Assim, mesmo antes de conhecer as ideias de Chevallard sobre transposição didática, redigimos uma coleção visando atender às seguintes características:

- ✓ permitir (dentro dos limites possíveis a um livro texto) que os alunos explicitem suas ideias e as comparem com as informações apresentadas;
- ✓ alterar, em pontos que julgamos relevantes, a ordem tradicional em que a Física era apresentada, em favor de uma sequência de apresentação de temas mais adequada às estruturas de pensamento dos alunos;
- ✓ apresentar sempre que possível a evolução histórica dos principais conceitos e leis da Física, em virtude do grande paralelismo entre essa evolução e o modo pelo qual os alunos evoluem de suas concepções espontâneas para as concepções oficiais da ciência;
- ✓ evitar o formalismo inócuo, optando quando necessário, pela prévia apresentação de analogias, metáforas, ilustrações e/ou exemplos concretos;

- ✓ organizar o texto e os exercícios de modo a permitir a utilização do livro como um instrumento ativo de ensino, tanto em sala de aula como fora dela;
- ✓ apresentar alguns conceitos básicos da Física Moderna e Contemporânea, mesmo que tais conceitos ainda não fizessem parte dos “currículos oficiais” do nível médio, nem dos programas dos exames vestibulares da época.

Conscientemente, enfatizamos muito mais o desenvolvimento conceitual do que o adestramento na solução de problemas típicos. Porém, sem ignorar a importância da utilização de exemplos resolvidos e exercícios propostos, notoriamente relevantes para a fixação, compreensão e aplicação dos conceitos, inserimos na coleção cerca de 3.000 (três mil) exercícios, todos com respostas, em grande parte selecionados de provas vestibulares das mais conceituadas Universidades de todo o país, organizando-os pedagogicamente em três níveis:

- ✓ *exercícios ao longo do texto*: com o principal objetivo de levar o aluno a uma reflexão imediata sobre as informações apresentadas no texto, permitindo-o avaliar até que ponto realmente compreendeu o assunto desenvolvido. Além disso, eles procuram facilitar a utilização do livro na própria sala de aula;
- ✓ *exercícios complementares*: inseridos ao final de cada capítulo, uma relação de exercícios que julgamos fundamentais para a fixação do tema tratado no capítulo. Servem também para que o professor, discutindo-os com a turma, localize e elimine as dúvidas que ainda persistam;
- ✓ *exercícios suplementares*: apresentados ao final do livro, separados por unidades de estudo, apresentando maior complexidade e abrangência, prestando-se, desse modo, a um trabalho de revisão e aprofundamento para aqueles alunos que pretendem se direcionar para as áreas nas quais a Física seja uma disciplina específica.

Desse modo, com uma perspectiva bastante eclética, elaboramos a coleção composta por três volumes, cujo conteúdo e profundidade foram planejados para serem desenvolvidos com

tranquilidade ao longo do nível médio, considerando sua utilização com carga horária de trabalho entre duas e quatro aulas semanais e, considerando ainda que com algumas “otimizações de percurso” e em função das opções do professor, em realizar cortes e/ou abordagens mais superficiais de alguns assuntos, haveria ainda a possibilidade de se desenvolver o trabalho com menor carga horária obrigatória, pensando até em escolas que desenvolvem todo o Ensino de Física em apenas duas das três séries do nível médio.

3. ABORDAGEM E DISTRIBUIÇÃO DOS ASSUNTOS

A escolha dos temas a incluir e dos que deveriam ser “deixados de lado” não foi tarefa fácil. Todavia, optamos por uma abordagem mais conceitual, vislumbrando que a grande maioria dos alunos não segue necessariamente uma carreira da área STEM, sem descuidar da possibilidade de incentivar aqueles que tenham essa demanda. Assim, a essência de nossa abordagem e a distribuição dos conteúdos foi pensada do seguinte modo:

3.1. O VOLUME DE MECÂNICA

Basicamente apresentando a mecânica newtoniana, mas sempre que possível e/ou que julgamos conveniente, introduzimos conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Os conteúdos foram divididos em cinco unidades e dispostos de modo a permitir inversões na ordem de apresentação, que, como já dissemos, eventualmente difere bastante da ordem tradicional. Entretanto, sempre sugerimos que as duas primeiras unidades, que visam subsidiar a análise dos movimentos e das forças, fossem estudadas em qualquer ordem antes das demais.

Assim:

UNIDADE I - OS MOVIMENTOS

Unidade cujos principais objetivos eram desenvolver os conceitos necessários à análise e descrição dos movimentos, bem como as formas usuais de representá-los, tais como: funções “horárias”, gráficos, fotografias estroboscópicas etc.

Partimos da constatação de que os conceitos de velocidade e aceleração (ainda que imprecisos e quase sempre associados aos valores médios) já fazem parte da “bagagem cultural” dos alunos, procuramos torná-los mais precisos: enfatizando a distinção entre eles e desenvolvendo com uma profundidade maior do que a usual a noção de valor instantâneo – noção fundamental para a Física – apresentando, ao discutirmos a velocidade instantânea, noções básicas do cálculo diferencial e, ao abordarmos a relação entre deslocamento e velocidade para um movimento qualquer, o cálculo da área sob um gráfico como “base do cálculo integral”.

Fugindo ao tradicional, não incluímos nessa unidade a análise do movimento de queda – cuja discussão foi deslocada para depois da apresentação das duas primeiras leis de Newton por julgarmos que esse assunto pode (e deve) ser muito mais bem explorado no contexto dinâmico do que como mero exemplo cinemático do movimento uniformemente variado. A favor dessa nossa posição, em primeiro lugar, lembramos a grande dificuldade que os alunos têm nesse ponto do curso, para compreender e aceitar que todos os corpos em queda livre possuem a mesma aceleração, independente do peso. Em segundo lugar, a importância que a explicação newtoniana teve para o movimento de queda livre (e dos projéteis, abordados em capítulo específico) e sua relação com a rápida aceitação da teoria inercial dos movimentos, em contraposição às teorias aristotélicas e medievais vigentes à época.

Todo o tratamento da cinemática nessa unidade é realizado com uma abordagem escalar. Deixamos o tratamento vetorial para ser desenvolvido posteriormente, uma vez que a experiência nos mostrou que os alunos compreendem melhor o caráter vetorial da aceleração após serem capazes de relacioná-la com a força resultante.

UNIDADE II - AS FORÇAS

Os objetivos principais dessa unidade são desenvolver o conceito de força, também fundamental para a mecânica clássica, bem como o entendimento das características das

grandezas vetoriais. Partindo da noção intuitiva que todos possuem da força associada ao esforço muscular, procuramos estendê-la à interação entre corpos inanimados.

Apresentamos a medição de forças, com base na lei de Hooke, enfatizando o caráter vetorial dessa grandeza, iniciando o desenvolvimento das bases da álgebra vetorial.

Nessa unidade analisamos as forças mais comuns na Natureza, discutindo as chamadas “força de contato”, e realizamos uma abordagem diferenciada, tratando das forças intermoleculares, possibilitando discutir e apresentar uma classificação mais atual, visando às interações fundamentais: gravitacional, eletromagnética ou nuclear.

Ainda nessa unidade, partindo do conhecimento intuitivo de que para um corpo permanecer em repouso “as forças devem se anular”, são analisadas algumas situações simples de equilíbrio estático – a esse ponto, apenas para o caso de forças concorrentes – com o objetivo de exercitar o formalismo vetorial e o reconhecimento das forças envolvidas nas situações propostas.

Fizemos questão de não nos utilizarmos de qualquer menção à 1ª e à 3ª leis de Newton, como usualmente se faz ao apresentar a estática. Tal opção se deve, por um lado, ao fato de que a 1ª lei de Newton não alterou a estática, mas sim a dinâmica e, por outro lado, às pesquisas que à época já indicavam uma tendência dos alunos em relacionar a força (resultante) com a velocidade e não com a aceleração, de modo que julgamos mais apropriada a apresentação da 1ª lei imediatamente antes da 2ª lei, logo no início da apresentação da dinâmica.

Quanto à 3ª lei, a experiência mostra que sua discussão no contexto da estática leva os alunos a confundirem “forças que se equilibram” com “forças que formam um par de ação/reação”, além de cristalizar a ideia errônea de que a 3ª lei só é válida em situações de equilíbrio.

UNIDADE III - FORÇA E MOVIMENTO

Esta unidade é, juntamente com a *unidade IV*, que consideramos as mais importantes de um curso de mecânica no nível básico, para as quais, em nossa proposta, visando a maturação dos alunos, devemos dedicar a maior parte do tempo do curso.

O principal objetivo dessa unidade é desenvolver as bases da mecânica clássica (newtoniana), enfatizando-se a verdadeira “revolução” que ela produziu no modo pelo qual o Homem passou a compreender e interagir com a Natureza. Aí apresentamos suas leis fundamentais, seus principais conceitos e aplicações às situações do cotidiano.

Julgamos de suma importância, em uma rápida abordagem inicial, levar os alunos a refletir sobre a evolução das ideias ao longo da história, pelo que dedicamos o primeiro capítulo dessa unidade a apresentar, em linhas gerais, as principais teorias pré-newtonianas (aristotélica e do ímpeto) sobre a relação força-movimento, bem como a “nova” teoria proposta por Galileu e Newton no século XVII. Não pela mera intenção de desenvolver uma apresentação histórica, mas principalmente visando mostrar aos alunos o grande paralelismo que existe entre a evolução de suas próprias ideias e a evolução das teorias ao longo do tempo, ajudando-os a produzir internamente o “corte epistemológico” correspondente à passagem de uma visão estática de equilíbrio para a visão inercial de Galileu e Newton.

No segundo capítulo da unidade apresentamos, em sequência, a 1ª e a 2ª leis de Newton, destacando o caráter inercial da teoria, ou seja, a relação entre força e alteração de velocidade, e não entre força e velocidade, grandezas que os alunos tendem inicialmente a associar.

Dedicamos um capítulo ao movimento de queda, iniciando-o pela discussão dos conceitos de volume, peso e massa, por considerá-la de extrema importância, uma vez que a experiência mostra que grande parte dos alunos inicialmente confunde tais conceitos. Além disso, consideramos os conceitos de peso e massa fundamentais para a Mecânica, por corresponderem

às duas propriedades que Newton atribui à matéria (*atrabilidade e inércia*). Na análise da queda dos corpos, destacamos a colaboração de Galileu para a compreensão desse movimento, e mostramos como a hipótese de Newton, de uma força atrativa de “ação a distância” (o peso) proporcional à inércia (a massa), altamente revolucionária para sua época, era a única explicação possível para compatibilizar a queda simultânea dos corpos com as suas leis do movimento.

Apresentamos então a relação $P = m \cdot g$, derivando-a da 2ª lei, como a expressão matemática dessa proporção e não como uma simples relação numérica entre peso e massa.

Julgamos ainda importante introduzir uma análise mais detalhada que a usual do movimento de queda na presença da resistência do ar. Afinal, o que um aluno vê é uma pedra caindo mais rapidamente do que a folha de uma árvore!

No capítulo dedicado à 3ª lei de Newton – síntese da visão mecanicista do Mundo, vigente no século XVII – o “mecanismo” de ação/reação é exemplificado para situações que envolvem as forças mais comuns, procurando destacar os pontos nos quais os alunos normalmente se equivocam na aplicação dessa lei.

Somente após várias aplicações aos movimentos retilíneos – sempre procurando enfatizar a relação força/aceleração (em vez de força/velocidade) – é que apresentamos a análise vetorial dos movimentos, ou seja, as tradicionais cinemática e dinâmica vetoriais, de modo a ampliar a aplicação das leis de Newton, agora aos movimentos curvilíneos.

No capítulo sobre a teoria da gravitação, aprofundamos um pouco mais o estudo da proposição newtoniana da atração de matéria por matéria e destacamos a sua importância para a extensão da validade das leis da mecânica aos movimentos celestes. Para não desviar o foco, as leis de Kepler foram abordadas nos exercícios complementares.

O movimento de projéteis – aí incluídos os lançamentos horizontal, vertical e oblíquo – foram analisados à luz das leis de Newton.

A simplicidade com que eles podem ser compreendidos dentro de uma abordagem inercial e a comparação dos resultados experimentais com os previstos pela teoria newtoniana, são confrontados com as explicações das outras teorias (aristotélica e do ímpeto), para as quais esses movimentos sempre foram “a pedra no sapato”.

UNIDADE IV - AS LEIS DE CONSERVAÇÃO

Utilizamos a polêmica entre Leibniz e Descartes, sobre qual seria a “verdadeira medida de um movimento” – a força viva mv^2 ou a quantidade de movimento mv – para mostrar que tanto a energia cinética quanto o momento linear são “boas medidas” para o movimento de um corpo: a primeira relacionada à ação da força ao longo da distância, e a segunda, com a ação dessa mesma força ao longo do tempo. Julgamos mais adequado apresentar os conceitos de energia cinética e quantidade de movimento a partir de uma abordagem histórica ao invés de obtê-los a partir de manipulações matemáticas da 2ª lei de Newton, bem como dos teoremas do trabalho & energia e impulso & quantidade de movimento, que “ajudam a resolver mais rapidamente certos tipos de problemas”.

As leis de conservação, tanto a da energia como a do momento linear, têm sua importância enfatizada, tanto do ponto de vista conceitual como na interpretação de situações concretas. E em um estudo detalhado das colisões (inelásticas, elásticas e parcialmente elásticas) relacionamos essas leis de conservação com as leis de Newton.

UNIDADE V - SISTEMAS DE MUITAS PARTÍCULAS

Nesta unidade desenvolvemos a cinemática e a estática do corpo rígido, bem como a mecânica dos fluidos.

No primeiro capítulo apresentamos a cinemática angular como sendo mais adequada que a linear para a descrição dos movimentos de rotação. Analisamos o movimento circular uniforme, enfatizando as relações entre os deslocamentos linear e angular ($\Delta S = \Delta\theta \cdot r$) e as velocidades linear e angular ($v = \omega \cdot r$).

Deixamos a critério do professor, caso julgue oportuno, a opção de desenvolver o movimento circular uniformemente variado partindo de alguns exercícios complementares que permitem esse aprofundamento via analogias com o MRUV.

No segundo capítulo, definimos o momento de uma força em relação a um ponto – braço de alavanca x força – extraindo-o da análise de situações concretas. Procuramos enfatizar a questão da medida do braço de uma força em relação a um ponto (distância do ponto ao suporte da força) a partir da constatação que os alunos tendem a medi-la até o ponto de aplicação da força. Embora seja comentado o caráter vetorial do momento de uma força, as aplicações da condição de equilíbrio ($\Sigma M = 0$) são restritas às situações nas quais as forças são coplanares, permitindo assim um tratamento escalar.

No último capítulo da unidade, a estática dos fluidos é desenvolvida a partir do questionamento das diferenças entre o comportamento de sólidos, líquidos e gases. Os conceitos de massa específica e pressão são apresentados como mais adequados para descrever o comportamento dos fluidos do que os conceitos correspondentes de massa e força.

Após uma detalhada discussão da pressão no interior de um líquido, desenvolvemos os princípios de Stevin, Pascal e Arquimedes, sempre propostos a partir de situações concretas, procurando trazer à tona as concepções dos alunos sobre essas questões.

Ainda nesse último capítulo, inserimos uma introdução qualitativa à dinâmica dos fluidos, apresentando a equação da continuidade e o teorema de Bernoulli que, em conjunto com a noção de viscosidade, permitem a análise de situações práticas bem interessantes.

3.2. O VOLUME DE TERMOLOGIA E ÓPTICA

Nesse volume optamos pela divisão em apenas duas unidades, cujos objetivos principais e características foram:

UNIDADE I - TERMOLOGIA

Dedicada ao estudo dos fenômenos térmicos, esta unidade foi dividida em sete capítulos e, em face da constatação de que os alunos fazem muita confusão entre os conceitos de calor e temperatura, os dois primeiros capítulos foram dedicados à discussão e diferenciação entre esses conceitos, bem como ao entendimento do conceito de energia interna, todos de suma importância para os capítulos posteriores.

No primeiro capítulo, partimos da associação que o aluno faz entre temperatura e as sensações de quente/frio, e iniciamos a associação, ainda que qualitativa, de temperatura com a agitação existente no “universo microscópico”. Iniciamos a caracterização do modelo molecular da matéria e das diferenças microscópicas entre as fases sólida, líquida e gasosa, aprofundando gradativamente essa visão molecular nos capítulos seguintes.

Sem fugir muito ao tradicional, apresentamos as escalas Celsius e Kelvin (com a escala Fahrenheit aparecendo em um exemplo de conversão entre escalas). Enfatizamos a diferença entre escalas absolutas e relativas de temperatura, visando a compreensão, por exemplo, do motivo pelo qual a temperatura deverá ser expressa em uma escala absoluta quando trabalhamos com as leis dos gases.

No segundo capítulo, dedicado ao conceito de calor, partimos do uso corriqueiro da palavra para, posteriormente, analisando sua evolução histórica, procurarmos:

- ✓ enfatizar a distinção entre calor, temperatura e energia interna;
- ✓ caracterizar calor e trabalho como processos de transferência de energia, entendimento fundamental para a Termodinâmica (que será abordada no capítulo sete).

Analisamos os modos de transmissão de calor com ênfase qualitativa, utilizando inúmeros exemplos do cotidiano, mas apresentamos a equação do fluxo de calor e tratamos com algum aprofundamento a transmissão por radiação.

Só no terceiro capítulo é que apresentamos a equação fundamental da calorimetria, aproveitando as discussões dos capítulos anteriores para chegar à equação de um modo não muito formal. Em seguida apresentamos as aplicações clássicas às situações que envolvem trocas de calor.

No quarto capítulo apresentamos algumas novidades, além da análise pura e simples das mudanças de fase e da equação $Q = m \cdot L$, aproveitamos a oportunidade para:

- ✓ uma singular e (à época) inovadora apresentação das teorias sobre a gênese do Universo;
- ✓ aprofundar a análise das características microscópicas das fases da matéria;
- ✓ discutir, com riqueza de detalhes, a influência da pressão sobre as mudanças de fase;
- ✓ analisar fenômenos associados à evaporação e condensação atmosférica (umidade do ar, orvalho, nevoeiro, nuvens etc.).

A experiência nos mostrou que esses assuntos motivam os alunos e prestam-se a trabalhos de pesquisa e aprofundamento para os mais interessados.

No quinto capítulo tratamos da dilatação térmica, encaminhando os alunos, de modo simples e intuitivo, à forma geral das equações de dilatação linear, superficial e volumétrica, com muitos exemplos e exercícios qualitativos; os exercícios numéricos não foram estendidos além do suficiente para uma boa compreensão do assunto.

O sexto capítulo, o mais extenso da unidade, face à “simplicidade molecular” da fase gasosa, ousamos em realizar verdadeira “viagem ao mundo microscópico” e apresentar a

evolução histórica de uma das maiores conquistas da ciência: a compreensão da pressão atmosférica, além da tradicional análise dos estados físicos e das transformações entre eles, com suas respectivas equações.

A unidade termina no sétimo capítulo, dedicado à introdução da Termodinâmica, aprofundando a relação entre temperatura e energia cinética das moléculas. Associamos a pressão de um gás às colisões de suas moléculas com as paredes do recipiente e, finalmente, aplicamos a primeira lei da termodinâmica às transformações sofridas por uma amostra gasosa. À época, face às possibilidades e demandas, optamos por discutir a 2ª lei da termodinâmica apenas no CD que acompanha este volume, visando o aprofundamento dos estudos para aqueles alunos que o desejassem.

UNIDADE II - ÓPTICA GEOMÉTRICA

Dedicada ao estudo dos fenômenos da propagação, da reflexão e da refração da luz, através das observações e hipóteses que constituem a denominada *óptica geométrica*. Foi dividida em seis capítulos, os quais tivemos o cuidado de escrever de modo a permitir que fossem trabalhados antes ou depois do estudo da unidade *Ondas* – que optamos por inserir em outro volume, junto ao tema *Eletricidade*.

Todavia, em vários momentos estas unidades se relacionam (como por exemplo, logo no início do primeiro capítulo de Óptica, o oitavo capítulo deste volume) de modo a permitir uma grande interação entre a abordagem geométrica e a ondulatória dos fenômenos citados.

Assim, iniciamos nossa abordagem com interessante discussão sobre luz e visão, com a qual procuramos partir das concepções dos alunos e discutir a correta relação entre luz, objeto e observador. Enfatizamos o fato de que um objeto só é visto quando a luz que ele emite (ou difunde) chega aos olhos do observador, aproveitando para apresentar as primeiras ideias sobre o trajeto da luz, sua difusão e a diminuição da sua intensidade com a distância. Aplicamos o

conceito de raio luminoso na hipótese da propagação retilínea para explicar a formação de sombras e penumbras, bem como a formação de imagens por uma câmara escura. Analisamos também as semelhanças e diferenças entre imagens reais e virtuais, numa preparação para as discussões dos capítulos seguintes. Finalizamos com algumas questões que julgamos interessantes sobre a velocidade da luz.

Os dois capítulos seguintes (nono e décimo) foram dedicados ao estudo das leis da reflexão da luz e sua aplicação aos espelhos planos e esféricos. Neste último caso, procuramos mostrar através de construções geométricas, baseadas nas leis da reflexão, que a “qualidade” da imagem está intimamente relacionada com a abertura do espelho e com a posição do objeto em relação ao eixo principal. Daí por diante, trabalhamos sempre dentro das aproximações de Gauss, o que ajuda a demonstrar a equação dos pontos conjugados de forma muito simples.

A possibilidade de o objeto ser virtual foi tratada numa observação, pois mais uma vez avaliamos que cada professor deve decidir quanto ao nível de aprofundamento e qual tratamento dar a essa questão com seus alunos.

No décimo primeiro capítulo, a refração da luz foi estudada tanto no seu aspecto geométrico como em sua relação com as velocidades de propagação da luz nos dois meios. Neste momento, não fugimos à natureza ondulatória e, mais uma vez, nos reportamos à unidade *Ondas*.

Compreendido o fenômeno e formuladas suas leis, analisamos diversas situações práticas nas quais ele se insere. As lâminas de faces paralelas, os prismas e a dispersão da luz foram analisados em exemplos resolvidos, pois julgamos não haver necessidade de maior aprofundamento sobre tais questões.

O capítulo seguinte (décimo segundo) foi dedicado ao estudo das lentes esféricas delgadas, numa sequência muito parecida com a que havíamos utilizado para analisar os

espelhos esféricos. Consideramos este capítulo como muito importante, dada a quantidade de instrumentos ópticos que utilizam-se das lentes.

Concluimos essa unidade com o décimo terceiro capítulo, analisando os instrumentos ópticos mais comuns, enriquecendo o capítulo com informações históricas interessantes.

3.3. O VOLUME DE ELETRICIDADE E ONDAS

Esse volume também foi dividido em cinco unidades, sendo as quatro primeiras dedicadas ao estudo da Eletricidade e do Eletromagnetismo, e a última – independente das anteriores, podendo ser estudada antes daquelas – dedicada ao estudo dos fenômenos ondulatórios.

Procuramos atender aos seguintes objetivos e características principais:

UNIDADE I - INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE

Unidade com apenas um capítulo, no qual apresentamos os conceitos básicos necessários ao desenvolvimento das unidades II (circuitos elétricos) e III (campo e potencial). Embora nossa experiência indicasse como sequência mais interessante a que apresentamos, redigimos de tal modo que os professores que preferissem terminar toda a eletrostática antes de apresentar a eletrodinâmica pudessem perfeitamente trabalhar a unidade III antes da unidade II.

Destacamos no primeiro capítulo a apresentação dos fenômenos de natureza eletrostática em paralelo com a evolução histórica das principais descobertas da eletricidade, até a elaboração do modelo atômico de Bohr no início do século XX; aprofundamos mais que usualmente a distinção (em nível macro e microscópico) entre condutores e isolantes que, apesar de ser feita dentro do modelo clássico de condução é, a nosso ver, perfeitamente compatível com esse nível de ensino.

Acreditando que um curso de eletricidade deva dar destaque às características da ligação metálica, apresentamos a título de exemplo, o cálculo do número de elétrons livres por cm^3 para o cobre e, além da estrutura da redação já mencionada, nos preocupamos em redigir a última

seção desse capítulo de modo a permitir que os professores pudessem “pular” diretamente para a unidade III, o oitavo capítulo, *Eletromagnetismo*, e começar a trabalhá-lo se assim o desejassem.

UNIDADE II - CIRCUITOS ELÉTRICOS

Acreditamos ter conseguido, nesta unidade, apresentar uma eletrodinâmica extremamente “enxuta” e voltada para a prática, sem, no entanto, descuidar dos principais conceitos que um aluno de nível médio deva conhecer, ainda que não vá seguir por uma carreira técnica ou acadêmica na área.

Iniciamos o segundo capítulo (primeiro desta unidade), de modo peculiar, apresentando em sequência os conceitos de corrente, d.d.p. e energia (e potência) elétrica. Desse modo conseguimos não só fazer a necessária distinção entre “corrente e voltagem”, conceitos normalmente muito confundidos pelos alunos, como também mostramos, de modo extremamente simples, como se pode calcular a energia consumida pelos aparelhos elétricos, assunto pertinente e ainda muito importante para os dias de hoje, principalmente para todos que se preocupam em economizar energia!

O terceiro capítulo do livro foi dedicado ao desenvolvimento do conceito de resistência elétrica. Dedicamos especial atenção à influência da temperatura sobre a resistividade, bem como à lei de Ohm, muitas vezes erroneamente apresentada como sendo a definição de resistência elétrica. Diferente do convencional em livros de nível médio, inserimos uma pequena seção sobre os semicondutores que, a critério do professor, tanto pode ser deixada como leitura adicional quanto pode ser tema para aprofundamento com aqueles alunos mais interessados.

No quarto capítulo tratamos dos geradores elétricos, a nosso ver, de modo suficiente para que se possa, mais adiante, inseri-los no contexto dos circuitos elétricos. Discutimos as fontes

mais comuns de força eletromotriz, tema que pode ser aprofundado por pesquisas dos alunos mais interessados. Deixamos aos exercícios a possibilidade, se for do interesse do professor, de trabalhar com associações de geradores, tanto em série quanto em paralelo.

O quinto capítulo (último dessa unidade), a nosso ver, o mais importante de todo curso de eletricidade para alunos do nível médio, se inicia com a análise das associações de resistores, em série, em paralelo e mistas. Apresentamos os principais acessórios utilizados em um circuito elétrico para, em seguida, fecharmos o capítulo com uma pequena noção sobre as correntes alternadas e as ligações residenciais.

Julgamos inapropriado e desnecessário o estudo da ponte de Wheatstone e dos circuitos com mais de uma malha, entre outros pontos que propositalmente não inserimos no texto. Acreditamos que tais assuntos, caso necessário, deverão ser estudados em cursos específicos, técnicos ou universitários, com a utilização de métodos mais abrangentes e interessantes, mas que a nosso ver fogem completamente ao nível dos textos dedicados à Educação Básica.

UNIDADE III - CAMPO E POTENCIAL

Iniciamos o sexto capítulo do livro com uma discussão ampla do conceito de campo de forças, desenvolvendo-o no viés do campo gravitacional (mais fácil de ser compreendido pelos alunos) e só depois abordando o caso das forças elétricas. Após apresentarmos como se calcula o campo de um conjunto de cargas pontuais, em função de sua grande utilização prática, analisamos os campos criados por dois tipos de distribuições contínuas de carga: a plana e a esférica. O movimento de cargas em um campo uniforme foi tratado em detalhes nos exemplos resolvidos. Estrutturamos o texto de tal modo que a análise feita das principais propriedades dos condutores carregados poderia, em um curso mais curto, ser deixada de lado ou apenas como leitura para os alunos mais interessados.

No sétimo capítulo aprofundamos o conceito de d.d.p. e de potencial elétrico, para além do nível em que foi tratado na unidade II, sendo de todo livro, o capítulo mais “denso e pesado”, podendo, a nosso ver, ser tranquilamente omitido para a maioria dos alunos.

Optamos por deixar o capítulo dedicado ao estudo dos capacitores para o CD que acompanha este volume, a exemplo do havíamos feito com a 2ª lei da termodinâmica no volume anterior, pois, a nosso ver, a análise detalhada deste elemento de circuito – definição de capacitância, tipos de capacitores, associações de capacitores em série e paralelo etc. – só faria sentido em um curso que trabalha com circuitos de corrente alternada, onde esse elemento é amplamente utilizado.

Julgamos que a análise feita no capítulo anterior, sobre os campos uniformes gerados por placas paralelas, é mais do que suficiente para um posterior aprofundamento do assunto.

UNIDADE IV - ELETROMAGNETISMO

O oitavo capítulo deste livro (único desta unidade) resume as noções básicas do eletromagnetismo através de uma abordagem que julgamos a mais adequada para um curso de eletricidade voltado ao nível médio. O iniciamos complementando as informações registradas no primeiro capítulo, tomando como linha mestra a evolução histórica do conhecimento nesta área, onde procuramos registrar as descobertas sobre o magnetismo dos ímãs e da Terra até chegarmos ao eletromagnetismo.

Todos os aspectos que consideramos importantes para o assunto foram tratados, tanto teoricamente quanto através de exercícios (cerca de 50). Entretanto, sempre que julgamos conveniente, optamos por uma abordagem qualitativa. Como exemplo, ilustremos o tratamento dado à indução eletromagnética sem apresentar a expressão da lei de Faraday. Todavia, para aqueles que desejassem, selecionamos e disponibilizamos exercícios suplementares dedicados ao aprofundamento do tema.

UNIDADE V - ONDAS

O estudo dos fenômenos ondulatórios foi dividido em dois grandes capítulos. No nono capítulo deste volume apresentamos os conceitos de pulsos e ondas, e no décimo analisamos os fenômenos ondulatórios propriamente ditos.

Desde o início do primeiro capítulo desta unidade procuramos fazer a distinção entre a transferência de energia através de um movimento corpuscular e a transferência de energia através de um movimento ondulatório. Distinção essa que, a nosso ver, é fundamental para quem vai iniciar o estudo sobre o assunto.

Após caracterizar o que vem a ser um pulso, apresentamos as expressões que permitem calcular as velocidades de vários desses pulsos (sendo que não demos ênfase às fórmulas, mas sim aos conceitos e aplicações contidas nos exemplos). Discutimos a diferença fundamental entre as velocidades de propagação dos pulsos e as velocidades de oscilação das partículas do meio pelo qual o pulso se propaga.

Conceituamos ondas e suas principais características. Apresentamos a equação fundamental das ondas, deduzindo-a de modo muito simples, a partir da equação do movimento uniforme. Propositadamente, não aprofundamos a análise do movimento harmônico simples (MHS) por dois motivos: além de envolver uma matemática desnecessariamente complicada para esse nível, ele não é tão necessário assim para uma boa compreensão do movimento ondulatório.

Analisamos ainda as principais características das ondas sonoras (a nosso ver, discutir mais acústica do que isso num curso médio não faz muito sentido). A seguir, apresentamos as características ondulatórias da luz e aproveitamos para inserir algumas noções de Física Moderna, que, caso os professores desejassem, poderiam ser deixadas como leitura suplementar para os alunos mais interessados.

Finalmente, no que se refere aos fenômenos ondulatórios, tendo em vista a grande variedade de cobranças dos diversos temas nos exames e programas vestibulares da época, optamos por compilar o décimo capítulo o mais completo possível, deixando a cargo do professor definir até onde iria com seus alunos. Desse modo, nele são analisados os fenômenos da reflexão, transmissão, dispersão, refração, superposição e interferência, difração e polarização das ondas.

Demos especial atenção às ondas estacionárias, não só por conta do vestibular, mas principalmente por sua importância para a compreensão de inúmeros fenômenos, como por exemplo a ressonância.

Destaque seja dado ainda às inúmeras referências feitas à unidade de óptica geométrica no decorrer deste capítulo, de modo a permitir grande interação entre a abordagem geométrica e a ondulatória dos fenômenos da propagação, reflexão e refração.

4. OS KITS EXPERIMENTAIS

Procuramos elaborar kits de experimentos para apoiar o levantamento de concepções e/ou o encaminhamento/desenvolvimento de conceitos que julgamos essenciais ao trabalho, dentro das possibilidades de entendimento dos fenômenos nesse nível, bem como para permitir que os alunos mais interessados pudessem se aprofundar em diversos contextos.

Desenvolvemos um conjunto de experimentos dedicados a apoiar o trabalho em cada um dos volumes da coleção e, para tanto, confeccionávamos e doávamos pelo menos um kit com materiais que permitiam trabalhar experimentalmente diversos assuntos em sala de aula, e até mesmo para permitir a realização de tais experimentos pelos alunos.

Embora fossem, geralmente, materiais de baixo custo e de fácil reprodução, incluímos alguns itens mais elaborados, dentre os quais: multímetros, termômetros, aquecedores elétricos, conjunto de lentes delgadas, conjunto de prismas, apontadores *laser*.

5. O SITE WWW.GALERADAFISICA.COM.BR (HOJE DESATIVADO)

Como dissemos, este site esteve online por mais de quinze anos (até 2015) com acesso sempre franqueado a todos que se cadastrassem.

Em lugar dos tradicionais manuais associados aos livros, optamos por elaborar um site dedicado à professores e alunos, repleto com materiais complementares. Entre eles:

- ✓ sugestões de experiências e de atividades para serem trabalhadas em sala de aula;
- ✓ apresentação dos kits de materiais experimentais de cada volume da coleção, com fotos e dicas de como construir e/ou adquirir os itens;
- ✓ textos de aprofundamento;
- ✓ sugestões pedagógicas de como trabalhar determinados temas;
- ✓ apresentação de situações contextualizadas relacionando-as à Física na vida cotidiana e às outras disciplinas;
- ✓ artigos interdisciplinares;
- ✓ simuladores e produtos de software, que produzimos e/ou a indicação de links para acesso àqueles que julgamos interessantes, mas que foram produzidos por outrem;
- ✓ discussões sobre questões e marcos históricos e suas possibilidades de utilização com os alunos;
- ✓ textos sobre aprendizagem, metodologia e didática;
- ✓ temas de Física Moderna e Contemporânea e seu encaminhamento;
- ✓ resoluções comentadas dos exercícios com maior grau de dificuldade;
- ✓ também criamos fóruns de discussão sobre diversos assuntos, tais como:
 - Currículos;
 - Parâmetros Curriculares Nacionais;
 - Espaços formais e não formais;
 - Educação à distância.

E ainda publicávamos o Folhetim, que sucintamente apresentamos a seguir.

6. O FOLHETIM

O *Folhetim* começou como uma publicação mensal impressa, contendo artigos sobre os mais variados temas, redigidos por nós e/ou por autores convidados, todos direcionados à professores de Física no ensino médio e que era distribuído, via postal, para todo o país.

À época tivemos mais de 1.200 assinantes.

Assim que possível, criamos a versão web (*Folhetim OnLine*) que permitiu ampliar nossa

atuação, incluindo complementos e agilizando a distribuição de produtos de software e simuladores, além de permitir o rápido e ágil fornecimento de dicas e links, bem como o atendimento de algumas demandas de professores e alunos.

Os artigos publicados objetivavam, essencialmente, o apoio ao trabalho dos professores na mesma linha do site já mencionado, contendo:

- experiências e atividades para sala de aula;
- artigos interdisciplinares;
- matérias com situações contextualizadas, relacionando a Física ao cotidiano e às outras disciplinas;
- dicas sobre como apresentar temas de Física Moderna e Contemporânea;
- entrevistas com personalidades interessantes;
- discussões pedagógicas;
- atendimento aos questionamentos dos assinantes;
- notícias sobre os PCNs etc.



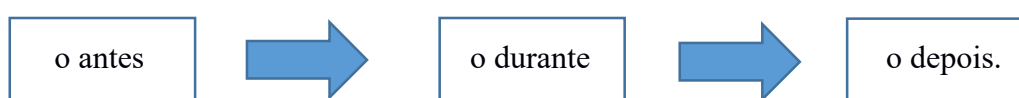
7. A METODOLOGIA PROPOSTA

Sempre tivemos a preocupação de utilizar o tempo da aula de modo eficiente e eficaz, com um trabalho ativo e voltado a instigar o raciocínio dos alunos quanto aos assuntos que estivessem sendo abordados.

Como o prof. Luiz Alberto compartilhava dessa nossa visão, e considerando que jamais gostamos de perder tempo de nossas aulas com os alunos fazendo “cópias do quadro”, no Projeto *Galera da Física* sugeríamos uma metodologia ativa que levasse em conta a bagagem dos alunos e, como sempre nos preocupamos em preparar previamente material para ser entregue em cada aula, enfatizamos o uso de textos (livros ou outros), redigidos especialmente visando explorar os *saberes dos alunos* como ponto de partida, contemplando os seguintes aspectos:

- (i) a identificação e proposição de situações problemáticas que fossem acessíveis e gerassem interesse, proporcionando visão clara da tarefa proposta;
- (ii) orientação ao estudo qualitativo dessas situações problemáticas, instigando os alunos a explicitarem funcionalmente suas ideias na tentativa de entendê-las;
- (iii) a condução do tratamento científico das situações problemáticas propostas, fazendo com que os alunos “inventassem” conceitos e elaborassem hipóteses, bem como propusessem estratégias para a resolução de problemas e questões concernentes, além da análise dos resultados obtidos;
- (iv) a variação das situações problemáticas propostas, para que os alunos manipulassem reiteradamente novos dados/conhecimentos permitindo fixação e aprofundando.

Dentro dessa metodologia, a estratégia proposta para cada tema e/ou capítulo pensado contemplava, resumidamente:



8. A ESTRATÉGIA

8.1. O ANTES

Etapa dedicada à exploração de conceitos, normalmente realizada com a utilização de questões exploratórias a serem respondidas pelos alunos antes de iniciarem o estudo do tema propriamente dito.

Momento dedicado ao mapeamento das ideias, levantamento das concepções dos alunos sobre o tema ou conceito em foco, procurando levar os alunos a uma reflexão e buscando aguçar-lhes a curiosidade.

É nesse momento que os alunos tomam consciência dos objetivos a serem alcançados com o assunto a ser estudado.

Podemos dizer que se trata do momento da sedução, com sugestões de atividades tais como:

- Questões exploratórias;
- Experimentos “conflitantes”;
- Gincanas;
- Leituras prévias;
- Questões tipo “desafio” etc.

8.2. O DURANTE

Etapa de desenvolvimento dos estudos, na qual os alunos são desafiados a realizarem experimentos e/ou a proporem soluções para as situações problemáticas que lhes são apresentadas, bem como a resolverem exercícios propostos.

É aqui que se desenvolve o processo ensino-aprendizagem clássico propriamente dito.

É o momento no qual os alunos estarão trabalhando o novo assunto, se deparando muitas vezes com a substituição de suas ideias pelas apresentadas pelos livros ou pelo professor.

As sugestões de atividades nessa etapa são:

- estudos dirigidos;
- trabalhos individuais ou em grupos;
- realização de experimentos e/ou demonstrações experimentais;
- leituras do livro texto ou outras;
- aulas expositivas;
- pesquisas;
- seminários, apresentados pelos próprios alunos ou por convidados;
- resolução de exercícios de compreensão e/ou fixação;
- excursões à museus de ciência, peças teatrais de fundo histórico/científico etc.

8.3. O DEPOIS

É a etapa de fechamento dos estudos sobre um tema/assunto, na qual professor e alunos verificam se os objetivos traçados foram alcançados.

É o momento da avaliação, normalmente com a repetição das questões exploratórias, cujas respostas serão comparadas com as respostas iniciais, acrescidas de novas questões que procuram verificar a eficácia do processo.

Outras sugestões de atividades são:

- a confecção de resumos e sínteses;
- discussão de exercícios e questões mais elaboradas e difíceis;
- aplicações do tema ao cotidiano;
- relatórios;
- provas e testes, individuais ou em grupos etc.

Etapa importante na qual se decide avançar ou repetir os estudos sobre os temas, assuntos ou conceitos em foco.

É oportuno frisar que, embora venhamos utilizando esta estratégia desde meados dos anos 1980, quando trabalhávamos com o projeto do PADCT, desenvolvido pelo GPEF-UFF (vide item 2.3, capítulo 1), ela ficou conhecida como os “Três Momentos Pedagógicos” e sugerimos

a leitura de um artigo, que aborda essa estratégia, publicado pela *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, intitulado: *Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões.*²

² [GIACOMINI & MUENCHEN, 2015]

CAPÍTULO 4

CONTRIBUIÇÕES DE ÁREAS AFINS

“Para que quem sabe possa ensinar a quem não sabe é preciso que, primeiro, quem sabe saiba que não sabe tudo; segundo, que quem não sabe saiba que não ignora tudo. Sem esse saber dialético em torno do saber e da ignorância é impossível a quem sabe, numa perspectiva progressista, democrática, ensinar a quem não sabe.”

Paulo Freire

1. INTRODUÇÃO

Durante o Doutorado tivemos oportunidade de analisar muitos artigos, compilações e pesquisas sobre os mais variados temas. Todavia, não nos resta dúvida de que acessamos apenas uma pequena porção do material existente de nosso interesse. Certamente ainda há muito o que explorar e temos consciência de que o recorte que fizemos neste trabalho está incompleto devido, inclusive às limitações impostas pela natureza do trabalho. Em função do verdadeiro multiverso de possibilidades, nossa incursão pela literatura em busca de subsídios para nossa argumentação talvez pudesse resultar em um recorte bem diferente. No entanto, o que fizemos e apresentamos a seguir nos satisfaz!

Temos convicção de que uma Tese de Doutorado em Ensino de Física, principalmente quando voltada para a Educação Básica, deve se alinhar a uma perspectiva mais ampla de Ensino, indo além das questões relacionadas ao conteúdo específico. Por exemplo, deve contemplar questões relacionadas à aprendizagem, à maturação do aprendiz, aos saberes e conhecimentos docentes, às condições da prática que, entre outras, justificam plenamente incursões por áreas afins.

Incontestavelmente as pesquisas na área de Ensino de Física vão além da mera interseção Física ↔ Educação e se beneficiam com resultados de trabalhos em áreas como psicologia cognitiva, neurolinguística, epistemologia, filosofia, sociologia e história da ciência, entre tantas que oferecem recursos adicionais ao magistério.

Sem pretensão de varrer todas as possibilidades oferecidas pela literatura, reunimos a seguir mais algumas considerações e reflexões que consideramos úteis e que ajudaram a nossa prática ao longo dos anos.

De certo modo, buscamos ampliar possibilidades compatíveis com a perspectiva defendida pela prof^a Dominique Colinvaux, que encontramos logo no texto de apresentação de

seu livro *A formação do conhecimento físico: Um estudo da causalidade em Jean Piaget*, quando ela nos diz:

... No plano do saber, o tema da formação do conhecimento físico situa-se, basicamente, na confluência de três disciplinas^(*): a física, que provê o arcabouço teórico e conceitual do objeto de conhecimento; a epistemologia, que constitui um corpo de reflexões sobre o conhecimento científico; e a psicologia cognitiva, que busca revelar os processos cognitivos de um indivíduo que se lança à aventura de desvendar e conhecer o mundo que o cerca. O problema da formação do conhecimento físico constitui, pois, um tema de estudo interdisciplinar.¹

(*) Vale dizer que o problema de formação do conhecimento físico, quando transposto para a situação da sala de aula, em que o aluno tem por tarefa aprender um corpo de conhecimentos que lhe é apresentado através de variados métodos de ensino, passa a envolver uma quarta disciplina: a educação. [nota da autora]

Tal perspectiva mais do que justifica incursões por áreas afins, particularmente em busca de contribuições que enriqueçam o repertório docente.

2. A APRENDIZAGEM

Tema de suma importância para o ensino de qualquer disciplina, além de complexo e abrangente, configura foco de pesquisas nas mais diversas áreas: Educação, Psicologia, Linguística, Neurolinguística, Treinamento Corporativo entre tantas ...

Em nossas incursões através das pesquisas sobre aprendizagem identificamos certo consenso quanto ao entendimento de que se trata de um processo, no qual o indivíduo que aprende sofre algum tipo de mudança interna, adquirindo e/ou aprimorando conhecimentos e/ou comportamentos como resultado de sua interação com o outro e/ou com o meio, desenvolvendo competências e habilidades² através da experimentação, da observação e/ou do uso do raciocínio. No que se refere à aprendizagem humana, em sua base da aprendizagem, se encontra

¹ [COLINVAUX, 1990] Trecho do texto de apresentação.

² Entendendo *competência* como capacidade de conjugar conhecimentos e atitudes em prol da resolução de situações-problema e *habilidade* como destreza na realização de tarefa específica.

a cognição – considerada como a capacidade humana de processar informações, via mente/cérebro, através da percepção, atenção, associação, racionalização, memorização e imaginação – registrando, transformando, ampliando e/ou aplicando conhecimentos e/ou comportamentos.

Notadamente indivíduos desenvolvem certas competências e habilidades com maior facilidade que outras, além de apresentarem os mais variados ritmos, interesses, aptidões e características. Portanto, nas salas de aula encontramos indivíduos diferentes, com aptidões, ritmos, interesses, habilidades e capacidades geralmente muito distintas. Não obstante, todos são suscetíveis à influência externa e capazes de promover e/ou alterar o desenvolvimento natural de suas competências e habilidades. Entretanto, embora seja possível que a aprendizagem ocorra em âmbito coletivo, *o ato de aprender é essencialmente individual.*

Pelo que observamos das diversas perspectivas analisadas, salvo melhor juízo, há uma convergência na tentativa de se identificar fatores que expliquem a aprendizagem, tais como neurológicos, emocionais, relacionais e/ou ambientais.

Evidentemente as investigações sobre a cognição na aprendizagem também interessam ao ensino de qualquer disciplina. Sendo um assunto cuja magnitude foge às nossas possibilidades de tempo e empenho, não nos aprofundaremos mais do que pela apropriação de alguns resultados. Mas é interessante observar que muitos desses resultados foram obtidos por pesquisadores que não se dedicaram necessariamente ao ensino e/ou ao ambiente escolar, mas que, apesar disso, contribuíram significativamente para o ensino de modo geral.

Assim, no que diz respeito à aprendizagem e à cognição, muitas pesquisas se tornaram relevantes, mesmo não tendo sido produzidas no contexto da Educação.

Na obra “Teorias de Aprendizagem”, o prof. Marco Antonio Moreira faz um apanhado de diversas perspectivas que podem ser utilizadas para entendimento e estudo dos processos

ensino-aprendizagem, confeccionando interessante esquema conceitual, por ele habilmente denominado “ENFOQUES TEÓRICOS À APRENDIZAGEM E AO ENSINO”, no qual apresenta um recorte mais ou menos consensual quanto à classificação das contribuições.

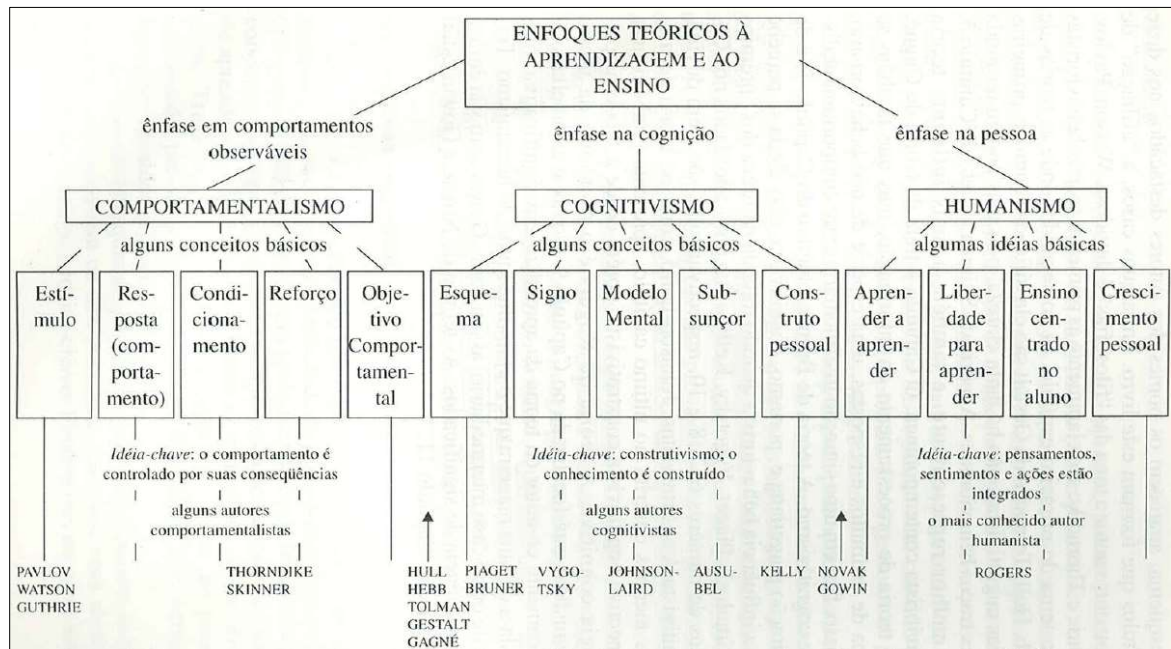


Figura 1: Um esquema tentativo para os principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino³

Esse quadro apresenta um recorte possível que, mesmo não sendo o único, será utilizado como referência.

Reunindo diversos pesquisadores de diferentes áreas que se dedicam (ou se dedicaram) direta ou indiretamente ao tema, ainda que o "esquema tentativo" apresentado possa ser considerado consensual quanto às "ênfases", como Moreira as classifica, há quem vislumbre “ênfases híbridas”, sobre as quais não aprofundaremos discussão, apresentando apenas as contribuições que julgamos relevantes ao repertório de qualquer professor e que, salvo engano, não vimos contempladas por Moreira.

Não é sem razão que o estudo dessas diferentes perspectivas constitui importante requisito para uma boa formação no magistério. E no que diz respeito às práticas em sala de aula, não há

³ [MOREIRA, p. 18, 1999]

como simplesmente escolher uma perspectiva dentre todas as outras para conduzir os trabalhos, pois o enfrentamento de sala de aula, com sua enorme gama de individualidades, aptidões, ritmos e interesses, sempre implicará na necessidade de uma abordagem dinâmica, tanto quanto eclética e holística.

2.1. DAS CONTRIBUIÇÕES BEHAVIORISTAS (OU COMPORTAMENTALISTAS)

Evidentemente o behaviorismo tem sua importância, particularmente quando atuamos com alunos nas faixas etárias mais tenras.

Os behavioristas fornecem interessantes contribuições; no entanto, à medida em que o indivíduo amadurece, as conquistas inicialmente obtidas através do estímulo-resposta vão dando lugar ao uso do raciocínio, pois a cognição vai desenvolvendo outras dimensões.

Nesse contexto, em nossa visão Albert Bandura⁴ ganha relevância por ir além do reforço ao estímulo-resposta no comportamento adequado, até então apontado como "o caminho" pelo behaviorismo clássico. Ele foi um dos precursores na análise dos processos cognitivos e sociais a interferirem no comportamento e na aprendizagem dos indivíduos. Reconhece o papel do condicionamento como um importante fator para a aprendizagem, mas não o considera como o fator determinante para o aprendizado em si.

Propõe uma Teoria Social Cognitiva, na qual os modelos, aí entendidos como referenciais comportamentais, são importantes fontes de aprendizagem, principalmente na aprendizagem de novos comportamentos.

Introduz o conceito de autoeficácia:

⁴ Albert Bandura, psicólogo canadense com contribuições nos campos da psicologia social, cognitiva, psicoterapia e pedagogia. É, segundo a Wikipédia, um dos dez psicólogos vivos mais citados no mundo. https://pt.wikipedia.org/wiki/Albert_Bandura

... definida como as crenças das pessoas sobre suas capacidades de produzir níveis designados de desempenho que exercem influência sobre eventos que afetam suas vidas. As crenças de eficácia determinam como as pessoas se sentem, pensam, se motivam e se comportam. Tais crenças produzem esses efeitos diversos através de quatro processos principais. Eles incluem processos cognitivos, motivacionais, afetivos e de seleção.

Um forte senso de eficácia aumenta a realização humana e o bem-estar pessoal de várias maneiras. Pessoas com alta segurança em suas capacidades abordam tarefas difíceis como desafios a serem dominados e não como ameaças a serem evitadas. Tal perspectiva eficaz promove interesse intrínseco e profunda imersão nas atividades. (...) recuperam rapidamente seu senso de eficácia após falhas ou contratempos. Atribuem falha ao esforço insuficiente ou conhecimento e habilidades deficientes que são adquiríveis.

(...)

Tal perspectiva eficaz produz realizações pessoais, reduz o estresse e diminui a vulnerabilidade à depressão.⁵

A chave de sua teoria reside na observação/imitação comportamental e consequente aprendizagem, vista como processo cognitivo e verificada em um contexto social por meio da observação do comportamento de outros. Considera que grande parte de nossos comportamentos são fruto de imitações de modelos tidos por nós como relevantes, entendendo essa aprendizagem através de quatro processos:

- i. **atenção:** com a tendência da observação de indivíduos próximos que apresentam modelos atraentes e comportamentos considerados interessantes e importantes.
- ii. **representação ou retenção:** necessário à obtenção de novos padrões de reação, uma vez que o novo/observado deve ser representado simbolicamente na memória.
- iii. **reprodução:** processo de reprodução comportamental ou reprodução motora
- iv. **motivação:** que ocorre por meio de reforços externos, vicariantes (ou por imitação) ou por interiorização de processos motivacionais.

⁵ [BANDURA, p. 2, 1994]

De certa forma, trata-se do aprendizado vicariante através do estímulo-resposta indireto, ou seja, com a observação das experiências de outros indivíduos⁶.

2.2. DAS CONTRIBUIÇÕES COGNITIVISTAS

A nosso ver, a mais notória das contribuições cognitivistas, e que nos marcou desde a graduação, é a Epistemologia Genética proposta por Jean Piaget⁷, ao considerar que o desenvolvimento cognitivo do ser humano ocorre por etapas (ou estágios) de maturação.

Piaget sugere que o conhecimento dos indivíduos se estrutura através de esquemas mentais, cujas construções possíveis ocorrem em paralelo à maturação biológica, devido à interação “sujeito ↔ objeto” ou, adaptando o raciocínio apresentado para o caso do ensino, à interação “aluno ↔ conteúdo/objeto/informação/ideia/comportamento/etc.”.

Segundo ele, é nessa interação que ocorre a aprendizagem, devido à dois processos mentais complementares e simultâneos, assimilação e acomodação, que implicam em adaptações nos esquemas mentais. Assim, a assimilação é a capacidade de incorporar um conceito (informação ou ideia) a um esquema mental existente. Isto ocorre por um processo de acomodação, no qual, por adaptação, a estrutura mental sofre alteração formando e/ou transformando o esquema existente em um novo esquema com a novidade assimilada.

A adaptação corresponde a um processo dinâmico e contínuo onde a estrutura (ou esquema) "interage" com o meio externo de modo a reconstituir-se em um processo contínuo de "(re)equilíbrio", entre assimilação e acomodação.

Resumindo, na psicogenética de Piaget a aprendizagem se deve ao reequilíbrio cognitivo que ocorre devido ao processo de adaptação da estrutura cognitiva do indivíduo ao assimilar e

⁶ Exemplo: Uma criança pequena vê seu irmão mais velho colocar o dedo na tomada, levar um choque e sair chorando. Pela aprendizagem vicariante ela não colocará o dedo na tomada.

⁷ Jean William Fritz Piaget (1896-1980) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget

acomodar o conhecimento novo que lhe causou o desequilíbrio cognitivo em função da situação de aprendizagem.

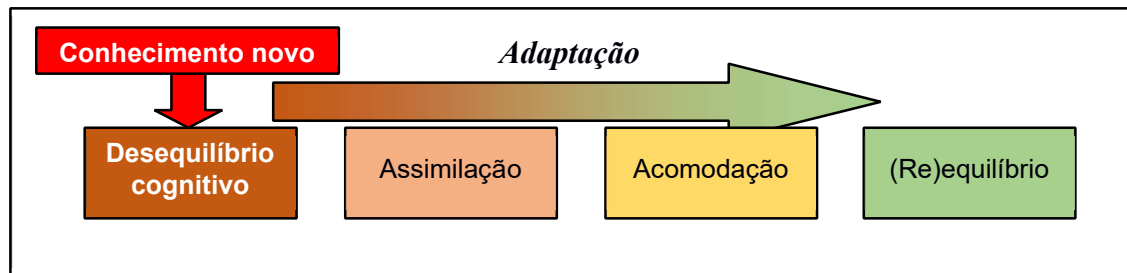


Figura 2: Representação do processo de aprendizagem segundo a psicogenética de Piaget

Todavia, um indivíduo só é capaz de aprender aquilo que sua maturação cognitiva permite assimilar e acomodar na etapa de desenvolvimento na qual ele se encontra.

Piaget considera que sejam quatro as etapas ou fases de maturação cognitiva, correspondendo aos estágios:

- i. **sensório-motor:** que, segundo Piaget, vai do nascimento até aproximadamente os 2 (dois) anos de idade, no qual a principal característica é a ausência da função semiótica. Nitidamente é uma fase de ajuste dos sensores corporais, onde o indivíduo ajusta percepções e ações do próprio corpo e do entorno.
- ii. **pré-operatório:** que aproximadamente vai dos 2 (dois) aos 7 (sete) anos de idade, onde surge a função semiótica permitindo o desenvolvimento da linguagem, da imitação, da dramatização, do desenho, da escrita etc. Etapa de aprendizagem instrumental básica, com a ampliação da percepção através das "imagens mentais". A capacidade de formar imagens mentais na ausência do objeto ou da ação se amplia e o indivíduo "dá alma" (animismo) aos objetos. É o período da fantasia, do faz de conta. A linguagem se manifesta em nível de monólogo coletivo, todos falam ao mesmo tempo.
- iii. **operatório concreto:** aproximadamente dos 7 aos 11 anos, consolida a construção das operações subjacentes ao pensamento lógico, resultando em ações mentais

interiorizadas e reversíveis. Reversibilidade: quando a operação deixa de ter um sentido unidirecional – resulta na capacidade de voltar, de retornar ao ponto de partida.

Conservação: uma invariante que permite a formação de novas estruturas.

- iv. **operatório formal ou abstrato:** aproximadamente a partir dos 11, quando o indivíduo apresenta estruturas intelectuais próprias do raciocínio hipotético-dedutivo, características dos adultos, sendo correspondente ao ápice do desenvolvimento da inteligência no nível de pensamento hipotético-dedutivo ou lógico-matemático.

Trata-se de uma contribuição importante para o ensino de qualquer disciplina, e embora discordemos das idades nas quais os estágios se manifestem, a temos utilizado amplamente.

Outra importante contribuição encontramos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel⁸, que converge em alguns pontos com Piaget, mas dele se afasta em outros tantos, pois, diferentemente deste, Ausubel dedicou sua atenção ao ambiente acadêmico, identificando a aprendizagem por descoberta, na qual o indivíduo “aprende sozinho”, e a aprendizagem por recepção, que ocorre caracteristicamente nas “aulas expositivas”.

Para Ausubel a aprendizagem é significativa quando se ancora em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo, conceitos denominados subsunçores, que são hierarquicamente estruturados e adquiridos através de experiências prévias. É com essa estrutura organizada e hierarquizada que o indivíduo aprende, quando os novos conceitos são internalizados e estabelecem relações com os subsunçores.

Se os conceitos são aprendidos de modo significativo o indivíduo se torna capaz de utilizar o novo conceito de forma inédita, independentemente do contexto no qual foi aprendido, mesmo com o passar do tempo.

⁸ David Paul Ausubel (1918-2008) - https://pt.wikipedia.org/wiki/David_Ausubel

Em oposição a aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica, na qual os novos conceitos são "decorados", ou melhor, são armazenados de modo arbitrário sem estabelecer conexões com subsunçores. Desse modo não há flexibilidade em seu uso, nem longevidade do aprendizado, tampouco o indivíduo será capaz de expressar esse novo conceito de forma diferente daquela na qual foi "aprendido". Na verdade, ele não aprendeu o significado nem o sentido do novo conceito, tão somente o decorou e, por conta disso, não será capaz de utilizá-lo em contexto diferente daquele no qual foi "aprendido".

Apesar de Ausubel enfatizar a aprendizagem significativa, ele concebe que no processo de ensino-aprendizagem ocorram situações nas quais a aprendizagem mecânica é inevitável. Considera ainda que tanto a aprendizagem por descoberta quanto a aprendizagem por recepção possam ser significativas ou mecânicas, dependendo de os novos conceitos terem estabelecido ou não relações com subsunçores de maneira clara e lógica para o indivíduo.

Ausubel se volta mais detidamente para a aprendizagem significativa por recepção em detrimento da aprendizagem por descoberta, de tal modo que entende como maior trabalho do professor a condução do indivíduo na assimilação da estrutura de sua disciplina, auxiliando-o a reorganizar sua própria estrutura cognitiva na aquisição de novos significados para conceitos e princípios. Reconhece porém que não basta se ter material ou aula potencialmente significativos, caso o indivíduo não possua subsunçores a lhe servirem de âncora para a aprendizagem dos novos conceitos e/ou caso ele não tenha o interesse em aprendê-los, pois poderá simples e mecanicamente "decorá-los".

Ainda na ênfase cognitivista, temos Vygotsky⁹, que adiciona a valorização da cultura e do contexto social ao processo de aprendizagem, reconhecendo na linguagem (simbólica) um papel similar ao dos instrumentos de trabalho, sendo ambos, instrumentos e signos, construções

⁹ Lev Semyonovich Vygotsky (1896-1934) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Lev_Vygotsky

humanas que estabelecem relação entre o homem e a realidade. Segundo ele, a linguagem configura um sistema simbólico fundamental, historicamente elaborado pela sociedade ao longo de sua evolução e desenvolvimento.

Define ainda como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) o espaço hipotético entre aquilo que o indivíduo é capaz de fazer/realizar/aprender sozinho e aquilo que ele é capaz de fazer/realizar/aprender com a ajuda de alguém mais experiente a orientá-lo. Ele se refere ao processo ensino-aprendizagem pela expressão russa “obuchenie”, que interliga quem aprende a quem ensina através de um processo de mediação, outro conceito-chave de sua teoria. Sendo que a relação mediada não o é necessariamente por outrem, podendo sê-lo pela interação com signos, símbolos e/ou objetos.

Partindo da ideia de que os indivíduos têm necessidade de atuar com independência, bem como possuem capacidade para se desenvolver ao interagir com a cultura, propõe que eles aprendam a pensar criando (sozinhos ou com ajuda) e interiorizem versões mentais mais apuradas daquilo que lhes seja apresentado/ensinado.

Acredita que a linguagem é veículo do pensamento e principal via de transmissão da cultura, sendo um de seus pressupostos que o ser humano só se constitui como tal devido a sua relação com o "outro". Considera que a aprendizagem está relacionada ao desenvolvimento do indivíduo desde o seu nascimento, constituindo-se como causa fundamental na definição de sua individualidade.

Vygotsky defende que as interações com alguém mais experiente favorecem o desenvolvimento dos indivíduos através da ajuda ativa, participação guiada e/ou construção de pontes entre saberes. O mais experiente, ao aconselhar, servir de modelo, fazer perguntas, ensinar estratégias, auxilia o indivíduo que aprende a fazer o que inicialmente não conseguiria fazer sozinho. Acredita ainda que para o efetivo desenvolvimento de ações autorreguladas e

independentes é preciso receber ajuda dentro da ZDP e, dentre as muitas possibilidades dessa ajuda, destaca a imitação de atitudes e a colaboração em atividades compartilhadas. Assinala também, em uma visão dialética da relação entre aprendizagem e desenvolvimento, que este último será mais produtivo se a criança for submetida às novas aprendizagens dentro da ZDP.

Outra interessante contribuição ainda nesta ênfase advém de Jerome Bruner¹⁰, que, assim como Piaget, define estágios de desenvolvimento para os indivíduos.

Bruner, à semelhança de Piaget, procurou tipificar o desenvolvimento cognitivo numa série de etapas: até aos 3 anos de idade, a criança passa pelo estágio das respostas motoras, dos 3 aos 9 anos, faz uso da representação icónica, e a partir dos 10 anos de idade, acede ao estágio da representação simbólica.¹¹

Segundo ele, “*é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento*”¹², obviamente que dentro dos limites de entendimento do aprendiz.

Para ele, o professor deve apresentar todas as ferramentas necessárias ao aprendiz para que ele descubra por si o que deseja aprender. Nos diz que no processo de aprendizagem o professor deve motivar os aprendizes a descobrirem as relações entre os conceitos e a construir seus próprios entendimentos e que a descoberta realizada por um aprendiz, de um princípio ou uma relação, é essencialmente idêntica à descoberta que um cientista faz em seu laboratório.

Perante o avanço rápido das Ciências, seria necessária uma abordagem diferente ao seu ensino. Em vez da exposição aos factos, fenómenos e teorias, Bruner defendia a necessidade de os alunos compreenderem o próprio processo de descoberta científica,

¹⁰ Jerome Seymour Bruner (1915-2016) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Jerome_Bruner

¹¹ [MARQUES, p.1]

¹² [BRUNER apud OSTERMANN e CAVALCANTI, p. 31, 2011]

familiarizando-se com as metodologias das Ciências de modo a assimilarem os princípios e estruturas das diversas Ciências.¹³

Para Bruner, a tarefa de ensinar determinado conteúdo corresponde a representar a estrutura de seu conteúdo em termos da visualização que o aprendiz tem das coisas. Para ele, o relevante a ser ensinado de uma estrutura são suas ideias e relações fundamentais.

Faz ainda uma interessante sugestão, propondo que o currículo seja trabalhado em espiral, de modo que o aprendiz tenha oportunidade de ver o mesmo tópico mais de uma vez, em diferentes níveis de profundidade e em diferentes modos de representação.

Ainda dentro da perspectiva construtivista, finalizamos com a contribuição do psicólogo americano Howard Gardner¹⁴, a Teoria das Inteligências Múltiplas, que amplia nossa análise sobre a inteligência, até então “definida” por Binet¹⁵ através da determinação psicométrica do Quociente de Inteligência (QI), com base nas inteligências linguística e lógico-matemática.

Gardner propõe uma ampliação para a estrutura da inteligência, expandindo-a inicialmente de duas para sete dimensões e, mais recentemente, acrescentando mais outras duas. Segundo ele, resumidamente, as dimensões da inteligência seriam:

- i. **lógico-matemática**: associada ao uso do raciocínio e pensamento lógico, se manifesta na detecção de padrões, na facilidade para os cálculos e resolução de problemas abstratos, equações e exercícios, além das habilidades de classificação, de estabelecimento de relações de causa e efeito, dedução e categorização.
- ii. **verbo-linguística**: se refere não apenas à capacidade oral, mas também a outras formas de expressão, como a escrita ou mesmo o gestual. Trata-se da capacidade do indivíduo em se expressar, seja por meio da linguagem ou de gestos, bem como a aptidão para

¹³ [MARQUES, p.3]

¹⁴ Howard Gardner (nascido em 1943) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Howard_Gardner

¹⁵ Alfred Binet (1857-1911) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Alfred_Binet

analisar e interpretar ideias e informações, além da facilidade para a comunicação, oratória e aprendizagem de idiomas. Tipo de inteligência característica de escritores, advogados, poetas, jornalistas, redatores e relações públicas.

- iii. **espacial-visual:** se manifesta na competência de processar informações tridimensionais, diferenciando espaços, traços, cores, formas e figuras. Está ligada à percepção visual e espacial, à interpretação e criação de imagens visuais e à imaginação pictórica. Permite melhor compreensão das informações gráficas, como mapas e imagens, implicando em um estilo de aprendizado mais relacionado com imagens, gravuras, formas e ao espaço tridimensional. Normalmente bem desenvolvida nos artistas, arquitetos, fotógrafos, designers e escultores.
- iv. **interpessoal:** se reflete na capacidade de reconhecer e entender os sentimentos, motivações, desejos e intenções de outras pessoas. É associada à capacidade de se relacionar com os outros. Se manifesta nos terapeutas, professores, psicólogos, médicos, profissionais de RH e políticos. O estilo de aprendizado ligado a esse tipo de inteligência envolve contato humano, trabalho em equipe e comunicação.
- v. **intrapessoal:** ligada ao autoconhecimento, à percepção dos próprios sentimentos, motivações e desejos, está relacionada à capacidade de identificação dos hábitos inconscientes, à transformação das atitudes e ao controle de vícios e emoções.
- vi. **musical:** associada à facilidade e à prática em distinguir sons e formas musicais, bem como à desenvoltura com instrumentos musicais, à identificação, produção, compreensão e reconhecimento de padrões tonais e rítmicos com diferentes tipos de sons. Está relacionada à expressão e composição musical no uso dos ritmos, timbres e sons, revelando-se caracteristicamente nos músicos, compositores, DJs, cantores, produtores musicais e engenheiros acústicos.
- vii. **corporal-cinestésica:** associada ao controle do corpo e da mente, tanto na coordenação motora grossa no controle dos movimentos corporais, equilíbrio, coordenação e expressão

por meio do próprio corpo, quanto na coordenação fina típica de trabalhos delicados e de precisão. É bem desenvolvida nos dançarinos, atores, esportistas, mergulhadores, bombeiros, cirurgiões e todo aquele que utiliza o corpo e/ou as mãos em suas atividades profissionais. Se desenvolve com a experiência física e o movimento, sensações e toques.

viii. **naturalista**: associada à sensibilidade com as causas ambientais e à capacidade de compreensão do mundo natural, identificando e distinguindo os diferentes elementos da fauna e flora, bem como das condições climáticas e ambientais. Se expande no contato com a natureza, sendo bem desenvolvida em biólogos, geólogos, engenheiros climáticos, jardineiros e meteorologistas.

ix. **existencialista**: associada à curiosidade por questões existenciais e explicações sobre o surgimento e funcionamento do mundo e da natureza. se manifesta no hábito de questionar e querer compreender a essência das coisas.

Importante refletir sobre o impacto das contribuições de Gardner sobre os processos de ensino-aprendizagem, pois implicam em uma perspectiva eclética tanto para a abordagem de temas quanto para a avaliação da aprendizagem, em função da valorização de aspectos diferenciados até então normalmente desconsiderados.

2.3. DAS CONTRIBUIÇÕES HUMANISTAS

A ênfase humanista valoriza o desenvolvimento pessoal e encara o indivíduo como pessoa com livre arbítrio, englobando, de certo modo, as perspectivas anteriores do desenvolvimento psicomotor, emocional e cognitivo, procurando capacitar esse indivíduo a fazer escolhas cada vez melhores e mais conscientes, com vistas ao alcance de sua autorrealização.

Carl Rogers¹⁶, consensualmente tido como um humanista, aponta para uma perspectiva de ensino cuja essência está centrada no aluno, considerando que é ele quem aprende. Propõe a

¹⁶ Carl Ransom Rogers (1902-1987) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Carl_Rogers

necessidade de se despertar a curiosidade e instigar o desejo de ir além do conhecido, desafiando o indivíduo a confiar em si mesmo dando novo passo em busca de mais. Para ele, o educador deve ser um facilitador, criando condições para que o aluno seja capaz de guiar-se sozinho.

Rogers ainda defende que todos possuem, em si mesmos, o potencial para a saúde e o crescimento criativo. Todavia, para que o indivíduo realmente aprenda, considera que deve:

- (i) ter um clima propício para a aprendizagem;
- (ii) ter disciplina;
- (iii) confiar na capacidade de aprender por si mesmo;
- (iv) contar com um professor-facilitador ajudando e provendo os recursos necessários para a aprendizagem;
- (v) saber se autoavaliar;
- (vi) escolher o próprio programa de estudos;
- (vii) ter foco na aprendizagem e não no conteúdo, favorecendo um processo contínuo de aprendizagem.

Não poderíamos terminar nossa abordagem sobre os humanistas sem citar e homenagear Paulo Freire¹⁷ por sua prática pedagógica interdisciplinar e libertadora, que, na contramão do *status quo*, conseguiu impressionantes resultados, se tornando inspiração para muitos, particularmente quanto à superação de desafios na área educacional.

Em se tratando de um tema importante e abrangente como o da aprendizagem, temos consciência de que o recorte que fizemos está sujeito a críticas. Todavia, sem maiores pretensões, apenas compilamos informações que foram úteis ao longo de nossa trajetória.

3. REPERTÓRIO DOCENTE: SABERES E CONHECIMENTOS

Apesar da obviedade, sustentamos que o repertório pedagógico prático do professor faz toda a diferença para que consiga motivar seus alunos no processo ensino-aprendizagem. No

¹⁷ Paulo Reglus Neves Freire (1921-1997) - https://pt.wikipedia.org/wiki/Paulo_Freire

entanto, por mais que o professor se prepare no aspecto teórico, a prática da profissão possivelmente o conduzirá a situações para as quais não estará inicialmente preparado.

Não estamos aqui diminuindo a importância da teoria. Apenas defendemos que existem saberes da prática que requerem algo além de seu conhecimento teórico. Nesse caso, concordamos com o dito popular *na prática a teoria é outra!*, pois entre o saber e o saber-fazer há uma distância. E no que tange ao magistério, a prática é fator divisor de águas.

Nesse sentido, por mais que recorramos à literatura, a prática do magistério apresenta peculiaridades que só mesmo com a experiência serão administráveis. Porém, os recursos oferecidos pelas pesquisas sobre os saberes e conhecimentos associados ao magistério são de extrema valia.

No âmbito nacional, as pesquisas sobre a “Arte de Educar” remontam aos anos 1980. Em particular, ao final dos anos 1990 participamos de uma pesquisa de Tese de Doutorado, intitulada *Professores artistas-reflexivos de Física no ensino médio*¹⁸, na qual cinco professores de Física com diferentes formações e tempos de carreira – dentre os quais nos incluíamos – tiveram suas aulas acompanhadas, com o objetivo de “*captar e interpretar o saber docente em ação desses professores pesquisados atuando em sistemas físicos complexos*¹⁹ tais como suas salas de aula reais.”²⁰

Foi uma experiência interessante e singular, não só em função das reflexões proporcionadas, mas principalmente por ter sido onde travamos o primeiro contato com as pesquisas sobre o Saber Docente e o Conhecimento dos Professores.

¹⁸ [QUEIRÓZ, 2000]

¹⁹ nota da autora: “*A metáfora da sala de aula como um sistema físico complexo serviu de base ao presente trabalho: os sistemas físicos complexos não são nem deterministas, de destino final conhecido a partir das condições iniciais bem estabelecidas, nem caóticos, de futuro imprevisível pela rápida ampliação sofrida por pequenas incertezas na determinação das suas condições iniciais.*”

²⁰ [QUEIRÓZ, p. 97, 2001]

Anos mais tarde, já em nossa dissertação do Mestrado – *Examinando os saberes da experiência: um estudo de caso no ensino de Física de nível médio*²¹ – pudemos nos aprofundar um pouco mais no assunto.

Todavia, quando da opção por aproveitar nossa experiência docente no presente trabalho, no qual os Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo possuem destaque, tivemos necessidade de atualizar nossas referências e, recorrendo à literatura, encontramos trabalhos muito interessantes, dentre os quais dois, de certo modo complementares, nos permitiram ampliar nossa visão sobre o tema.

São eles, *Conocimiento Didáctico del Contenido para la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (I): El Marco Teórico*, de José Antonio Acevedo Díaz, o mais antigo (2009) e o *Revisitando a base de conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de professores de ciências*, de Carmem Fernandez, o mais recente (2015). Pela argumentação e abrangência se tornaram nossas referências neste assunto.

Segundo Carmem:

Na vasta literatura sobre conhecimento de professores é possível identificar duas linhas dominantes: uma linha que se aproxima dos estudos de Shulman (1986, 1987) que operam, sobretudo, pela desmontagem analítica dos componentes envolvidos no conhecimento docente (conhecimento do conteúdo, conhecimento do currículo, conhecimento dos alunos, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento pedagógico); e outra segue a linha de Elbaz (1983) e Connelly e Clandinin (1985), da corrente teórica do “pensamento do professor” desenvolvida sob a forte influência de Schön e da sua epistemologia da prática; se centra na construção do conhecimento profissional como processo de elaboração reflexiva a partir da prática do profissional em ação (ROLDÃO, 2007). A distinção entre conhecimentos e crenças de professores nem sempre é clara na pesquisa ou concordante entre vários pesquisadores (FENSTERMACHER 1994).²²

²¹ [FONTEBOA, 2008]

²² [FERNANDEZ, pp. 502-503, 2015]

Em retrospecto, refletindo vemos que não foi sem motivo que ao final de nosso primeiro (e superficial) contato com as pesquisas sobre os saberes docentes tenhamos ficado um tanto confusos quanto a alguns de seus aspectos.

No entanto, seguimos nossa trajetória sem maiores registros.

Somente no Mestrado voltamos a nos deparar com esse assunto, em particular ao cursarmos a disciplina *Tópicos Especiais: Conhecimento e Saber Docente*²³, onde pudemos ampliar nossa visão sobre o tema com perspectivas e conceitos até então desconhecidos.

3.1. SABER DOCENTE E HABITUS PROFESSORAL

O saber docente e o habitus professoral foram dois desses conceitos. E, em nossa revisão, consideramos ainda válida a contribuição de Japiassú²⁴:

(...) é considerado saber, hoje em dia, todo um conjunto de conhecimentos metodicamente adquiridos, mais ou menos organizados e suscetíveis de serem transmitidos por um processo pedagógico de ensino. Nesse sentido bastante lato, o conceito de saber poderá ser aplicado à aprendizagem de ordem prática (saber fazer, saber técnico ...) e, ao mesmo tempo, às determinações de ordem propriamente intelectual e teórica.²⁵

Sendo que continuamos alinhados com Tardif²⁶:

... pode-se definir o saber docente como um saber plural, formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais.²⁷

²³ Disciplina ministrada pela prof^a. Edil Vasconcellos de Paiva, na Faculdade de Educação UERJ.

²⁴ Hilton Japiassú (1934-2015) - <http://nucleodememoria.vrac.puc-rio.br/perfil/saudade/hilton-ferreira-japiassu-1934-2015>

²⁵ [JAPIASSÚ, p.15, 1991]

²⁶ Maurice Tardif - <http://www.mauricetardif.com/>

²⁷ [TARDIF, p.36, 2002]

Não temos dúvidas de que as últimas décadas do século XX testemunharam expressiva produção acadêmica, além de significativa expansão de pesquisas dedicadas ao saber docente, com impactos na formação inicial e continuada (ou em serviço) de professores, inserindo na cultura, no vocabulário e até na prática docente, “novos” termos, conceitos, expressões e significados, tais como: saber da experiência, epistemologia da prática, prática-reflexiva, pesquisa-ação, professor-pesquisador, professor-reflexivo, conhecimentos e competências do professor, conteúdo pedagogizado, entre outros.

Porém, ainda hoje, apesar dos inúmeros resultados das pesquisas sobre o tema, ainda há quem se preocupe com questões específicas em situações de ensino utilizando variáveis controladas e circunscritas à contextos unidimensionais idealizados. Somos então levados a considerar ainda válida a observação:

Embora as faculdades de educação tenham produzido saberes formalizados a partir dessas pesquisas [centradas no professor], esses saberes não se dirigiam ao professor real, cuja atuação se dá numa verdadeira sala de aula, mas a uma espécie de professor formal, fictício, que atua num contexto idealizado, unidimensional, em que todas as variáveis são controladas.²⁸

Se desejarmos analisar situações que envolvem relações interpessoais com docentes em situações reais, amplas e multidimensionais, certamente a complexidade de tal tarefa requererá cuidados específicos, pois que cada contexto apresentará características, ritmos e interesses próprios, que tornam necessária uma perspectiva dinâmica, compatível e articulada com a abordagem sobre a qual se pretende trabalhar.

Com a crescente valorização do “saber plural”, constituído por elementos originados em áreas diversas, a *praxis* assume singular relevância. Práticas e vivências em salas de aula geram

²⁸ [GAUTHIER et al. , p. 26, 1998]

saberes da experiência particularmente importantes para o estabelecimento da competência profissional no magistério, constituindo o assim chamado *habitus professoral*²⁹.

... a natureza dessa prática, tendo em vista uma sistematização que dê conta de mostrar se ela é constituída por uma estrutura estável ou se consiste em um acontecimento singular. Estrutura estável se for uma atividade exercida por meio de uma única estruturação; acontecimento singular se for uma atividade que tem uma estrutura para cada momento de efetivação. Afirmamos: a natureza do ensino na sala de aula é constituída por uma estrutura estável, porém estruturante, isto é, uma estrutura estável mas não estática, que denominamos *habitus professoral*.³⁰

Com isso aprofundamos a perspectiva teórica do saber docente vinculada a estudiosos como Tardif e Gauthier, compreendendo que tais saberes correspondem a conhecimentos (práticos e teóricos), competências e habilidades que os professores possuem/dominam no [e para o] exercício docente de suas disciplinas.

Tardif, por exemplo, entende o saber docente como um “*saber plural, formado de diversos saberes provenientes das instituições de formação, da formação profissional, dos currículos e da prática cotidiana*”³¹. E ele destaca quatro tipos diferentes desses saberes:

- i. **os da formação profissional:** transmitidos durante o processo de formação inicial e/ou continuada, são os conhecimentos pedagógicos referentes às metodologias de ensino.
- ii. **os disciplinares:** pertencentes às áreas do conhecimento específico (linguagem, ciências humanas, ciências da natureza etc.), produzidos e acumulados ao longo da história da humanidade.
- iii. **os curriculares:** relacionados à gestão dos conhecimentos institucionais, socialmente produzidos e que devem ser transmitidos aos estudantes (saberes disciplinares), que se

²⁹ O conceito de *habitus professoral* é aqui adotado na acepção de Marilda da Silva [SILVA, 2005]

³⁰ [SILVA, p.153, 2005]

³¹ [TARDIF, p.54, 2002]

concretizam nos programas escolares (com seus objetivos, conteúdos, métodos etc.) que devem ser aprendidos e aplicados.

- iv. **os da experiência:** produzidos pelos próprios docentes em suas vivências de situações específicas relacionadas à prática profissional, ao ambiente escolar e às relações estabelecidas com alunos e colegas de profissão.

A tentativa de identificar quais saberes e conhecimentos são necessários ao ensino e à formação de professores se constitui, ainda que veladamente, em um dos objetivos das pesquisas sobre a formação/profissionalização docente, buscando construir um repertório de conhecimentos e definir as competências necessárias e indicadas para a formação e a prática do magistério.

Nesse sentido, a perspectiva de Shulman³² merece destaque.

3.2. CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO

Em uma conferência intitulada “O paradigma perdido na pesquisa sobre ensino”, ocorrida na Universidade do Texas, em Austin, durante o verão de 1983, Lee Shulman apresentou o conceito de *Pedagogical Content Knowledge* – ou simplesmente PCK, traduzido para o português como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – para se referir a um tipo específico de conhecimentos, característico dos professores, que diferenciam um professor de determinada disciplina de um especialista nessa mesma disciplina.

Procurando identificar quais são os conhecimentos práticos característicos da profissão de professor, Shulman detectou, dentre outras categorias, os PCK como conhecimentos integrantes de uma base metadisciplinar associada à profissão docente.

Assim, para Shulman:

³² Lee S. Shulman (1938) - https://en.wikipedia.org/wiki/Lee_Shulman

Categorias da Base de Conhecimento

Se o conhecimento do professor fosse organizado em um manual, uma enciclopédia ou algum outro formato de conhecimento, como seriam os títulos das categorias? No mínimo, eles incluiriam:

- ✓ conhecimento de conteúdo;
- ✓ conhecimento pedagógico geral, com especial referência àqueles amplos princípios e estratégias de manejo de sala de aula e organização, que parecem transcender a matéria específica;
- ✓ conhecimento de currículo, com particular entendimento dos materiais e programas que servem de ferramenta de trabalho para os professores;
- ✓ conhecimento pedagógico do conteúdo, esse amálgama especial de conteúdo e pedagogia que é domínio exclusivo dos professores, sua própria forma especial de compreensão profissional;
- ✓ conhecimento sobre os alunos e suas características;
- ✓ conhecimento do contexto educacional, desde trabalhos com grupos ou classes, a administração e finanças do distrito escolar, até o caráter da comunidade escolar e sua cultura; e
- ✓ conhecimento dos fins, propósitos e valores educacionais e seus fundamentos filosóficos e históricos.

Entre essas categorias, o conhecimento pedagógico de conteúdo é de especial interesse, pois identifica os corpos distintos de conhecimento para o ensino. Representa a mistura de conteúdo e pedagogia em uma compreensão de como determinados tópicos, problemas ou questões são organizados, representados e adaptados aos diversos interesses e habilidades dos alunos e apresentados para instrução. O conhecimento pedagógico de conteúdo é a categoria com maior probabilidade de distinguir a compreensão do especialista em conteúdo da do pedagogo. (...)³³ (grifos nossos)

Segundo ele, o PCK representa o conhecimento profissional de professores de uma dada disciplina que os distinguem de especialistas dessa mesma disciplina.

Nas palavras do próprio Shulman, PCK é “*esse amálgama especial de conteúdo e pedagogia que é domínio exclusivo dos professores, sua própria forma especial de compreensão profissional*”.

³³ [SHULMAN, p. 8, 1987] (tradução nossa)

O uso da sigla em inglês se justifica pela difusão que a mesma possui na literatura de referência, ao ponto de ser tratada como sinônimo do próprio conceito.

Embora esse Conhecimento Pedagógico do Conteúdo não constitua novidade, no Brasil ainda define campo aberto e relativamente pouco explorado.

Acreditamos que isso se deva, pelo menos em parte, aos referenciais dos saberes da prática e/ou saberes dos professores mais utilizados – em função da difusão dos textos em português de Tardif et al. (1991); Gauthier et al. (1998); Tardif (2010); Pimenta (2012); Tardif e Lessard (2013), entre outros – que seguem a corrente teórica do “pensamento do professor”.

Sendo ainda válidos, a nosso ver, comentários feitos no início deste século, por Carmem Fernandez:

Na realidade brasileira, embora ainda de uma forma um tanto “tímida”, é a partir da década de 1990 que se buscam novos enfoques e paradigmas para compreender a prática pedagógica e os saberes pedagógicos e epistemológicos relativos ao conteúdo escolar a ser ensinado/aprendido.³⁴

E por Célia Nunes:

(...) Embora exista amplo consenso de que a PCK é uma construção útil, não é fácil descobrir exatamente o que ela compreende e usar esse conhecimento para conceber boas práticas na formação de professores. O PCK é um conhecimento tácito ou oculto: ao preparar as aulas, por exemplo, os professores pensam pragmaticamente: "Estou preparando uma lição", não "Estou usando meu PCK". O PCK não é (ainda) uma "ferramenta" explícita usada conscientemente pelos professores. A investigação da PCK exige que os pesquisadores compreendam os processos subjacentes à preparação das aulas e uma análise de como e por que um professor ensina como ele / ela ensina. O PCK é, portanto, ilusório e atraente. (...) ³⁵

³⁴ [FERNANDEZ, p. 28, 2001]

³⁵ [NUNES, p.153, 2001] (tradução nossa)

Nossos *grifos* procuram ressaltar a complexidade do mapeamento dos PCK. Porém não resta dúvida de que se consolidam com os professores em ação.

A prática da profissão, influenciando e sendo influenciada pelos demais fatores, leva à reflexão com o objetivo de alcançar os melhores resultados com os alunos.

Nesse sentido a perspectiva de Shulman³⁶ o levou ainda a propor o Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) dos professores, no qual os propósitos educacionais, a ação e o raciocínio pedagógicos se desenvolvem em um ciclo de atitudes/atividades de: **compreensão, transformação, instrução, avaliação, reflexão e novas compreensões**. Ele defende que a **reflexão** conduz à **novas compreensões**, sendo que o ponto de partida e chegada de todo esse processo reside na **compreensão**. Em síntese, defende que para ensinar primeiramente é preciso compreender. Sendo que a **compreensão** deve ir além do conteúdo a ser ensinado, o que é obviamente condição *sine qua non* para o magistério, ela deve se estender à compreensão dos propósitos do ensino e ao relacionamento entre os assuntos e ideias da disciplina, para possibilitar a apresentação e/ou o encaminhamento dos mesmos através de variados modos, facilitando a compreensão dos alunos.

Nas palavras de Shulman:

Engajamo-nos no ensino para atingir propósitos educacionais, para realizar objetivos relacionados com o letramento do aluno, com a liberdade do aluno para usar e desfrutar, para desenvolver entendimentos, habilidades e valores necessários para funcionar numa sociedade livre e justa. Como professores, também lutamos para equilibrar nossos objetivos de nutrir a excelência individual com finalidades mais gerais, que envolvem igualdade de oportunidade e equidade entre alunos de diferentes históricos e culturas. Embora, na maioria dos casos, o ensino comece com algum tipo de texto e o aprendizado desse texto possa ser um objetivo importante em si mesmo, não devemos perder de vista o fato de que o texto é, frequentemente, um veículo para

³⁶ [SHULMAN, 1987] (tradução nossa)

atingir outros propósitos educacionais. As metas da educação transcendem a compreensão de textos específicos, mas podem ser inatingíveis sem eles.³⁷

Todavia, não basta o professor compreender o conteúdo e seus propósitos, há que compreender uma verdadeira base de conhecimentos para o ensino, que resulta do amálgama de conteúdo com pedagogia com o qual o professor transforma o conhecimento de conteúdo que possui em formas pedagogicamente adaptáveis às demandas de compreensão dos alunos.

Quanto à **transformação**, ele se refere às “*ideias que quando compreendidas precisam ser transformadas de alguma maneira para serem ensinadas*”³⁸.

De algum modo, essas transformações requerem um repertório de combinação e/ou ordenação dos seguintes processos:

- (1) preparação (ou escolha) do material a ser utilizado;
- (2) compilação de ideias, exemplos, analogias, metáforas, simulações, demonstrações etc. que auxiliarão a apresentação do tema;
- (3) seleção de métodos e modelos de ensino; e
- (4) adequação às demandas de entendimento dos alunos em sala de aula.

Na perspectiva de Chevallard³⁹, essas transformações caracterizam o que ele denomina como *transposição didática do saber de referência* (ou *saber sábio*), descoberto e/ou produzido no contexto da pesquisa e/ou produção, definido como *um saber a ser ensinado*, até se que transforme em *um objeto de ensino*, assunto que trataremos mais adiante neste capítulo.

Quanto à **instrução**, nas palavras do próprio Shulman:

Essa atividade envolve o desempenho observável de vários atos de ensino. Inclui muitos dos aspectos mais cruciais da pedagogia: organizar e gerenciar a sala de aula;

³⁷ [SHULMAN, 1987 na tradução de Leda Beck, p. 217, 2014]

³⁸ [SHULMAN, 1987 na tradução de Leda Beck, p. 217, 2014]

³⁹ Yves Chevallard (1946-), professor de matemática e investigador no campo da didática da matemática.

apresentar explicações claras e descrições vívidas; atribuir e verificar trabalhos; e interagir eficazmente com os alunos por meio de perguntas, respostas e reações, além de elogio e crítica. Inclui, portanto, gestão, explicação, discussão e todas as características observáveis da instrução direta e heurística eficaz, já bem documentadas na literatura da pesquisa sobre ensino eficaz.⁴⁰

No que se refere à **avaliação**, Shulman inclui a verificação imediata da compreensão e/ou dos mal-entendidos que ocorrem em sala de aula, com vistas à realimentação do processo ensino-aprendizagem. Obviamente, essa verificação requer ampla compreensão do conteúdo e das transformações anteriormente descritas.

De outro lado, a análise do que um aluno é capaz de entender requer domínio do material a ser ensinado e dos processos de aprendizado, o que se constitui em um PCK específico de cada disciplina e/ou tópico.

De modo mais amplo, a avaliação englobará o ensino em geral, desde as aulas e materiais utilizados até a própria atuação do professor (autoavaliação), no processo de reflexão.

Na **reflexão** o professor analisa os prós e contras do processo ensino-aprendizado ocorrido, aí incluindo emoções e realizações, realinhando suas ideias e aprendendo com a experiência.

Segundo Shulman, nesse ponto é “(...) *crucial revisar o ensino em comparação com os objetivos buscados.*”⁴¹.

O ciclo finda, e simultaneamente recomeça, com uma **nova compreensão**, desde como melhorar os processos didáticos para a apresentação dos conteúdos até os próprios propósitos em fazê-lo.

⁴⁰ [SHULMAN, 1987 na tradução de Leda Beck, p. 219, 2014]

⁴¹ [SHULMAN, 1987 na tradução de Leda Beck, p. 222, 2014]

Todavia, nem sempre essa nova compreensão ocorre automaticamente depois da avaliação e reflexão, sendo eventualmente necessárias estratégias específicas para que ela ocorra.

Consideramos como imprescindível a troca de experiências entre pares, pois a análise e discussão de como apresentar esse ou aquele conteúdo para os alunos auxilia, em muito, na transmissão/desenvolvimento dos PCKs.

Na Tabela 1, a seguir, Shulman apresenta um resumo do MRPA, esclarecendo que embora em seu modelo apresente os processos de modo sequencial, em verdade eles não constituem necessariamente um conjunto fixo de etapas ou passos.

Não há uma ordem pré-estabelecida para a ocorrência dos processos, nem mesmo a garantia de que todos ocorram em todas as situações.

Tabela 1 - modelo de raciocínio pedagógico e ação de Shulman⁴²

Compreensão	De propósitos, estruturas do conteúdo, ideias dentro e fora da disciplina
Transformação	<p>Preparação: interpretação crítica e análise de textos, estruturando e segmentando, desenvolvimento de um repertório curricular e esclarecimento de propósitos.</p> <p>Representação: uso do repertório representacional, que inclui analogias, metáforas, exemplos, demonstrações, explicações e assim por diante.</p> <p>Seleção: escolha dentro de um repertório instrucional que inclui modos de ensinar, organizar, gerenciar e arrumar.</p> <p>Adaptação e ajuste às características dos alunos: consideração de conceitos, preconceitos, equívocos e dificuldades, língua, cultura e motivações, classe social, gênero, idade, habilidade, aptidão, interesses, autoestima e atenção.</p>
Instrução	Gerenciamento, apresentações, interações, trabalho em grupo, disciplina, humor, questionamentos e outros aspectos do ensino ativo, instrução de descoberta ou de investigação e as formas observáveis de ensino em sala de aula.
Avaliação	<p>Verificação do entendimento do aluno durante o ensino interativo.</p> <p>Testar o entendimento do aluno no final das aulas ou unidades.</p> <p>Avaliar o próprio desempenho e ajustá-lo às experiências.</p>
Reflexão	Rever, reconstruir, reconstituir e analisar criticamente o próprio desempenho e o da classe, e fundamentar as explicações em evidência.
Novas compreensões	De propósitos, da matéria, dos alunos, do ensino e de si mesmo. Consolidação dos novos entendimentos e aprendizagens da experiência

⁴² [SHULMAN, 1987 na tradução de Leda Beck, p. 216, 2014]

Esse modelo é adaptado por Susan Salazar ao seguinte formato:

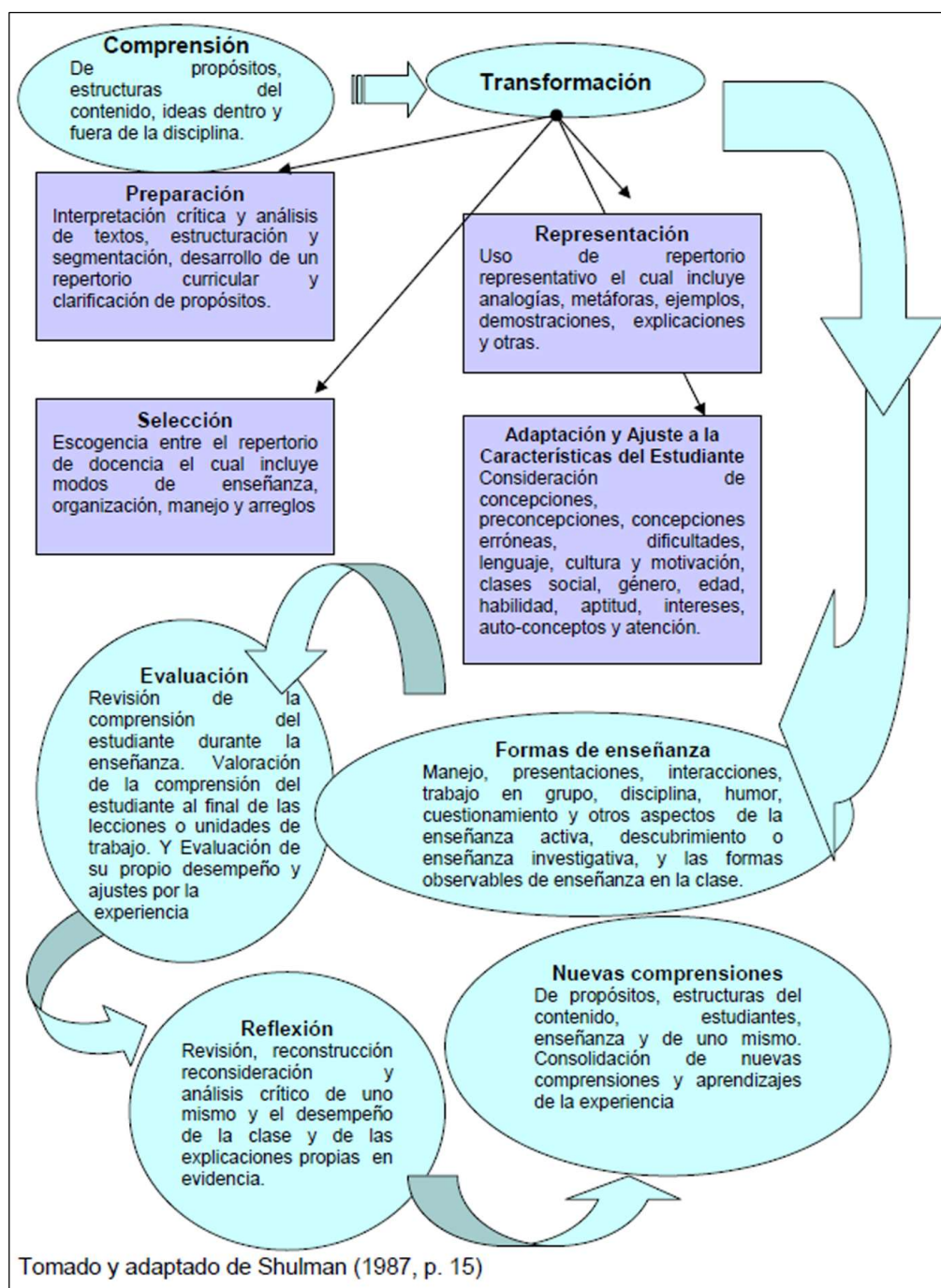


Figura 3: Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação proposto por Shulman e adaptado por Salazar⁴³

Para Shulman o desenvolvimento e a consolidação dos PCK estão intrinsecamente combinados com o MRPA. Todavia, Shulman não é o único a falar sobre os PCK, existem outras contribuições e perspectivas para seu entendimento, como por exemplo a de Pamela

⁴³ [SALAZAR, p. 7, 2005] (optamos por apresentar a figura da fonte, sem tradução)

Grossman, que foi orientada por Shulman em seu doutorado e o ajudou a aprimorar sua perspectiva inicial, modelando os componentes da base de conhecimentos de professores e do PCK. Ela utiliza, em seu modelo, a expressão Conhecimento do Tema ao invés de Conhecimento do Conteúdo, agregando ao Conhecimento do Conteúdo Específico o Conhecimento de suas Estruturas Sintáticas e Substantivas, necessárias à compreensão do porquê determinado tópico é particularmente central para determinada disciplina enquanto outras são tópicos periféricos.

Para Grossman, dentre os conhecimentos da base os PCK são centrais, influenciando e sendo influenciados pelos demais conhecimentos quanto à concepção dos propósitos de se ensinar um tema. Ela acrescenta à concepção inicial de Shulman as Concepções dos propósitos para ensinar um tema e o Conhecimento do Currículo.

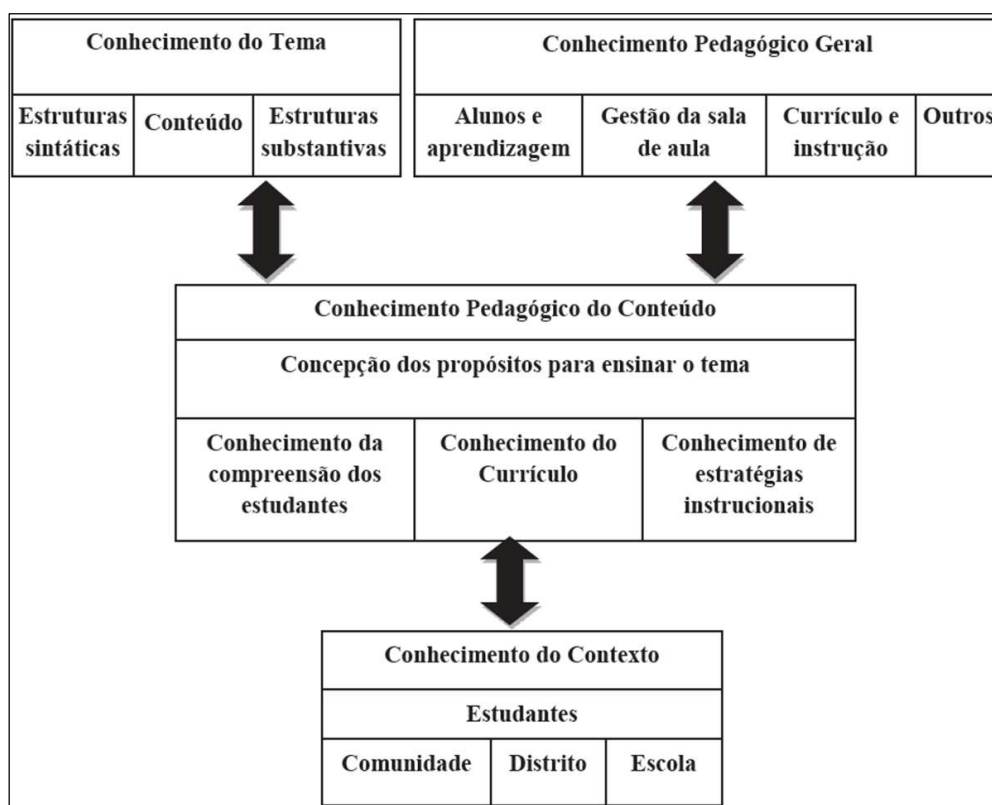


Figura 4: Modelo de conhecimento de professores ⁴⁴

⁴⁴ [GROSSMAN, p. 5, 1990 apud FERNANDEZ, p. 507, 2015] (tradução de Fernadez)

Mas existem ainda outras perspectivas e contribuições. Por exemplo, podemos dizer que a contribuição de Carlsen já se volta mais ao Ensino de Ciências, mas não difere muito do modelo de Grossman. Todavia, coloca os Propósitos para o Ensino de Ciências no nível dos PCK e entende o Conhecimento sobre o Contexto Educacional Geral e o Conhecimento sobre o Contexto Específico como panos de fundo para os demais.

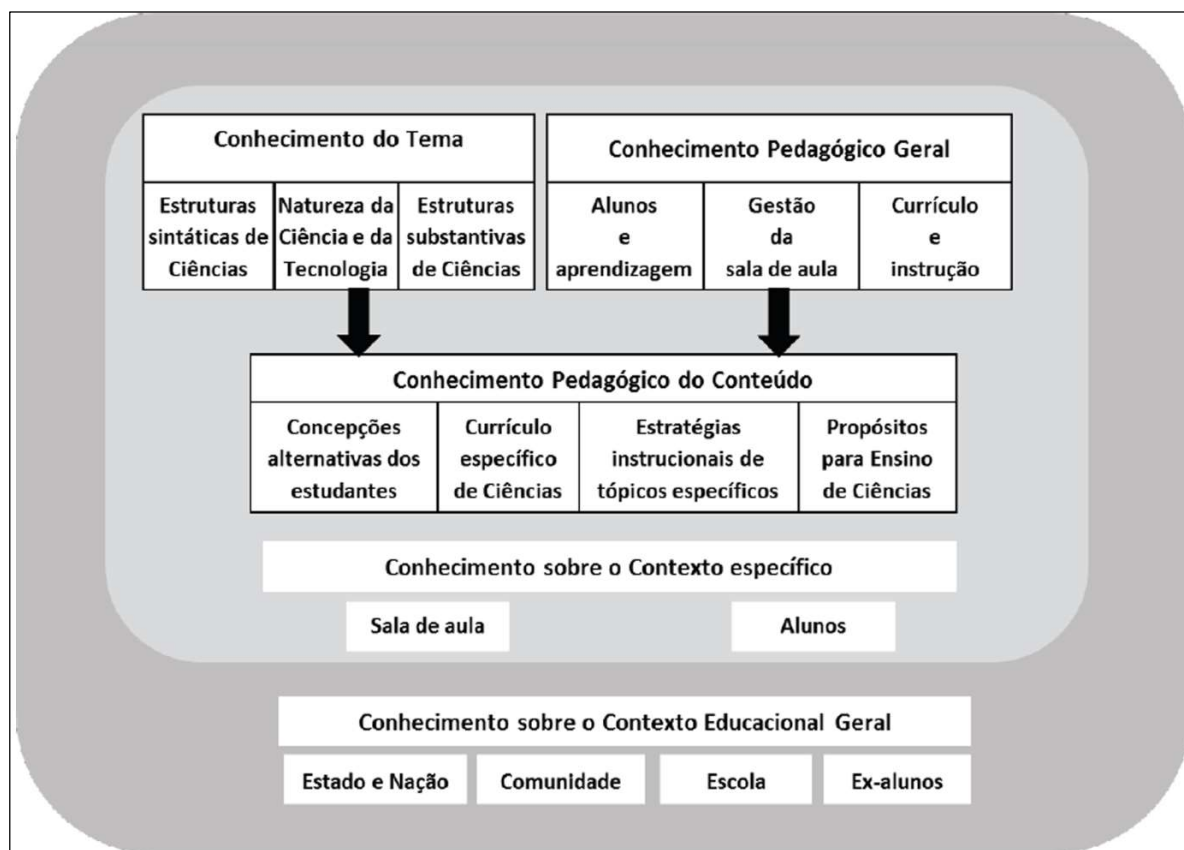


Figura 5: Domínios dos conhecimentos de professores de ciências ⁴⁵

Outra interessante perspectiva advém do modelo de Morine-Dershimer e Kent, no qual se distinguem facetas do Conhecimento Pedagógico e sua contribuição para os PCK.

Para eles, o Conhecimento Pedagógico Geral (originado na pesquisa e na literatura educacional) e o Conhecimento Pedagógico Pessoal (baseado nas crenças e experiências pessoais) combinam-se por reflexão, contextualizando concepções e princípios pedagógicos que geram o Conhecimento Pedagógico Específico do Contexto, com o qual os docentes pautam

⁴⁵ [CARLSEN, p.136, 1999, apud FERNANDEZ, p. 508, 2015] (tradução de Fernadez)

suas decisões e ações. Diferentemente dos modelos anteriores, destacam as crenças e experiências pessoais na construção do Conhecimento Pedagógico e sua relação com os PCK. Consideram ainda que a dimensão de avaliação segue estreita relação com as finalidades, propósitos e objetivos do ensino; que o Conhecimento do Currículo se desenvolve em conjunção com o Conhecimento do Conteúdo e o das finalidades, propósitos, objetivos e processos de avaliação; sendo os PCK diretamente influenciados pelos conhecimentos:

- (1) pedagógicos;
- (2) dos propósitos e objetivos educacionais e dos processos de avaliação;
- (3) do currículo;
- (4) do conteúdo;
- (5) dos contextos específicos (bem como do geral); e
- (6) dos alunos e sobre a aprendizagem.

Sintetizamos essa contribuição na Figura 6 a seguir, fundindo duas ilustrações apresentadas por Acevedo-Díaz sobre o assunto.

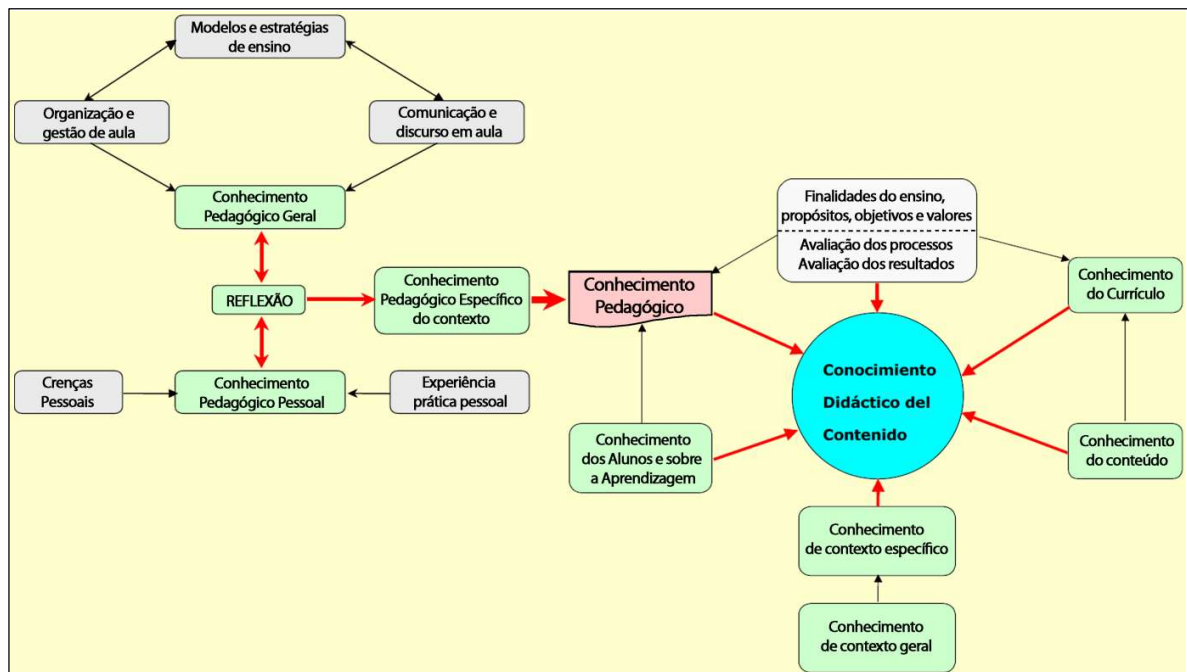


Figura 6: Domínios dos conhecimentos de professores de ciências ⁴⁶

⁴⁶ [ACEVEDO-DÍAZ, p. 28, 2009] (tradução nossa)

Pode-se dizer que, a partir do modelo de Grossman, muitas propostas surgiram, sendo algumas particularmente voltadas para a área de Ensino de Ciências. E, segundo Carmem, o modelo de Magnusson, Krajcik & Borko tem sido um dos mais utilizados nesta área, ainda que ligeiramente alterado e/ou ampliado.

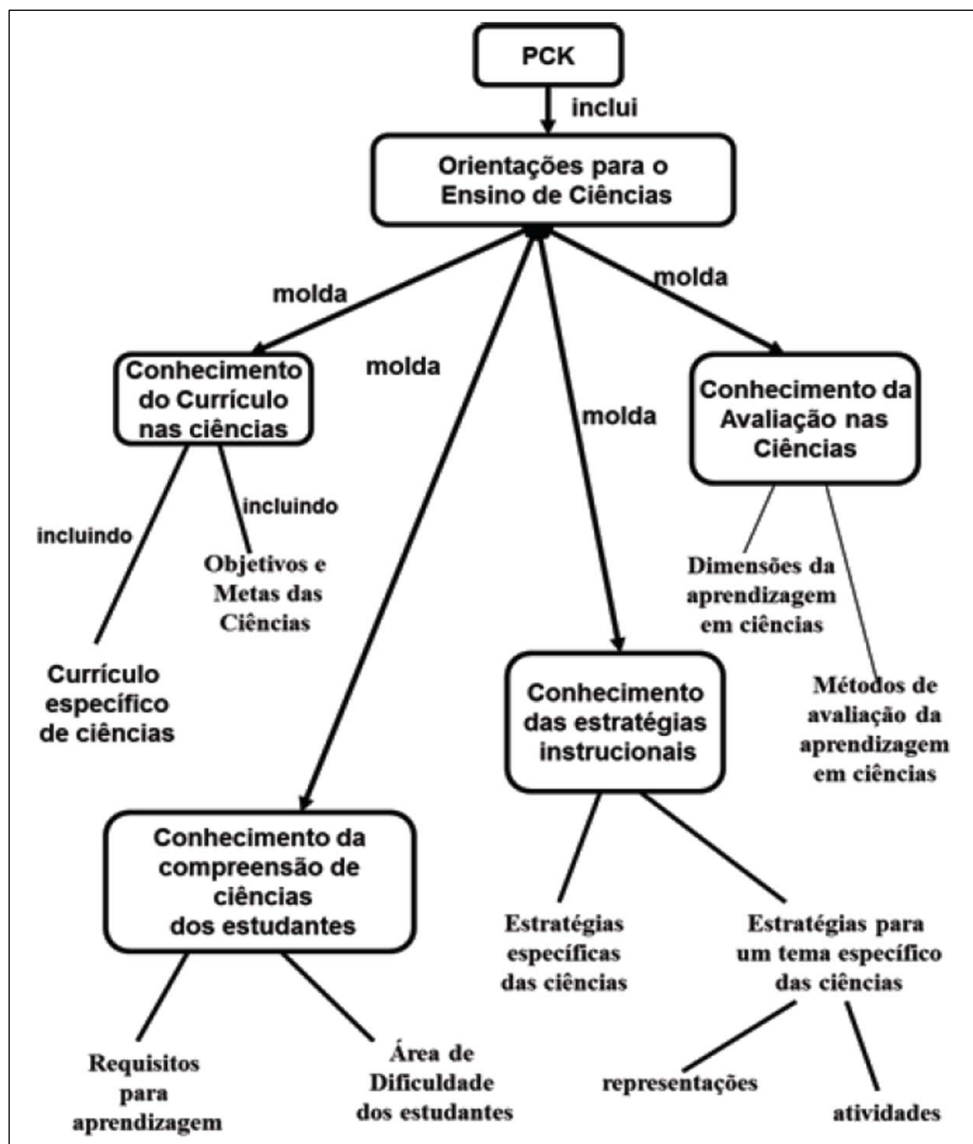


Figura 7: Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências⁴⁷

Esse modelo segue basicamente a proposta de Grossman, incluindo o Conhecimento da Avaliação em Ciências como um dos componentes dos PCK e substituindo as Concepções dos Propósitos para Ensino de um Conteúdo por Orientações para o Ensino de Ciências, com:

⁴⁷ [MAGNUSSON, KRAJCIK & BORKO, p. 99, 1999, apud FERNANDEZ, p. 512, 2015] (tradução Fernandez)

Tais orientações são explicitadas pelos autores em: processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, ciência baseada em projetos, ensino por investigação, investigação orientada, todas voltadas para o ensino de ciências ⁴⁸.

Ainda segundo Carmen, apesar da popularidade desse modelo, ele recebe críticas, e a principal delas advém de Friedrichsen, Van Driel e Abell ao apontarem restrições para o uso da expressão “Orientações para o Ensino de Ciências”, pois, segundo esses autores, a expressão é usada na literatura de modo ambíguo. Em um primeiro momento define “conhecimentos e crenças sobre os propósitos e objetivos do ensino de ciências em um determinado nível de ensino” considerando o professor como parte do processo, já em outro momento a expressão define a “visão geral de entendimento do ensino de ciências.”.

Entre outros, temos o modelo da Cúpula dos PCK, um dos modelos mais atuais e voltados aos PCK no Ensino de Ciências, que resulta de uma conferência ocorrida em 2012, na qual se reuniram pesquisadores que trabalham com PCK no Ensino de Física, Química e Biologia, buscando estabelecer um consenso quanto à definição da base de conhecimentos e dos próprios PCK a partir das distintas concepções desses pesquisadores e grupos. Os conhecimentos escolhidos como base, nesse consenso, foram:

- (1) o da avaliação;
- (2) o pedagógico;
- (3) o do conteúdo;
- (4) o dos alunos; e
- (5) o curricular.

São então esses cinco conhecimentos que influenciam e são influenciados pelo conhecimento profissional específico de determinado tópico, com os PCK sendo representado

⁴⁸ [MAGNUSSON, KRAJCIK & BORKO, p. 99, 1999, apud FERNANDEZ, p. 513, 2015] (tradução Fernandez)

pelo conhecimento das estratégias instrucionais, representações do conteúdo, compreensão dos alunos, das práticas científicas e dos modos de pensar, conforme ilustrado adiante na Figura 8.

Nesse modelo, o PCK passa por filtros e amplificadores, que são as crenças do professor, o contexto no qual ele está inserido e as orientações para o ensino, e depois se transforma e é adaptado para a sala de aula, sofrendo influência do conhecimento pessoal do PCK, do contexto de sala de aula, do currículo etc.

O modelo considera ainda os filtros e amplificadores dos alunos, levando em conta suas próprias crenças, conhecimentos prévios e comportamentos, que direcionarão seus resultados, e que, por sua vez, realimentarão o conhecimento profissional da base e o conhecimento profissional específico de um tópico, impulsionando a prática em sala de aula e fornecendo uma nova compreensão do PCK de um tópico.

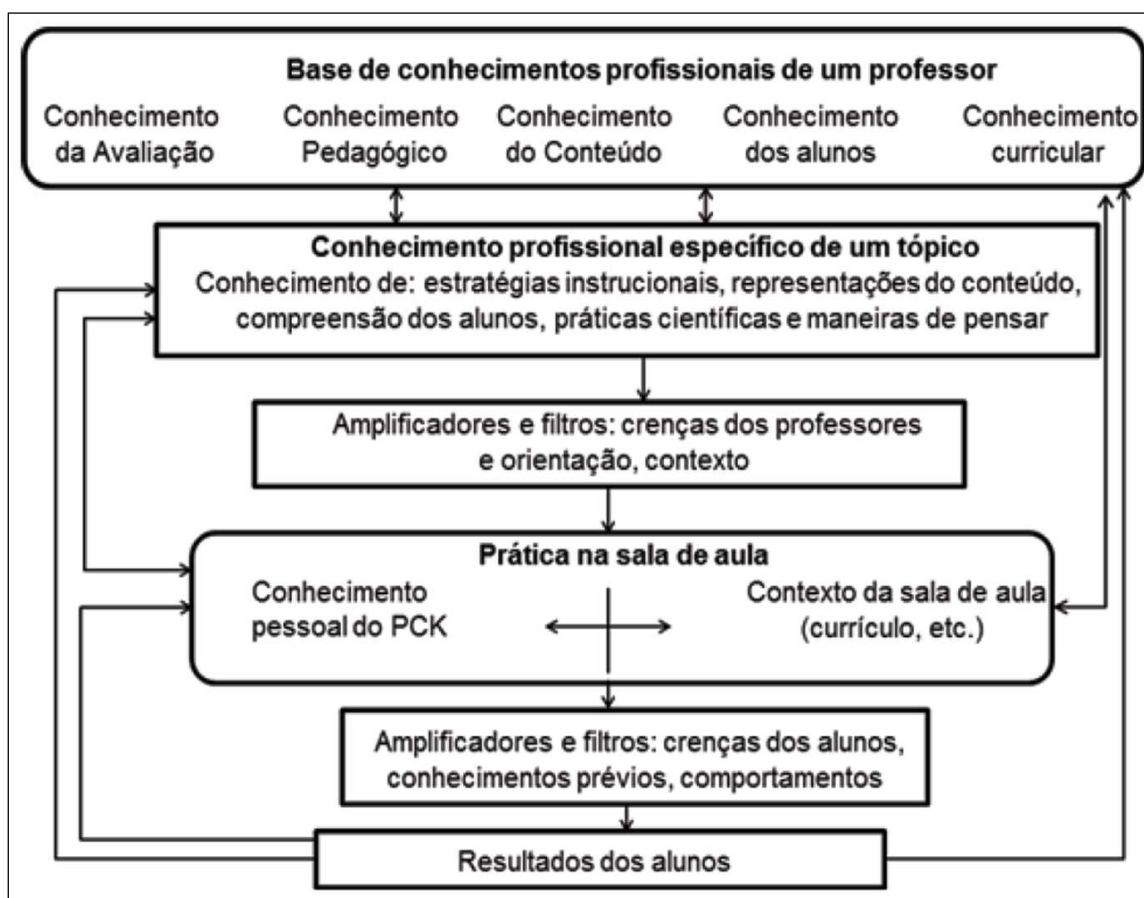


Figura 8: Modelo consensual de PCK no ensino de ciências da cúpula do PCK⁴⁹

⁴⁹ [HELMES; STOKES, 2013; GESS-NEWSOME; CARLSON, 2013, apud FERNANDEZ, p. 516, 2015] (tradução Fernandez)

Indiscutivelmente, são diversas as possibilidades de entendimento das influências sobre o desenvolvimento e construção de um PCK. Todavia, a experiência nos mostrou que, no caso geral, cada professor possui perspectiva própria quanto à pedagogização e ensino de tal ou qual conteúdo, fruto de suas características pessoais e experiência no magistério. Muito embora, via de regra, não se afastem muito da pedagogização proposta pelos textos e livros didáticos.

Shulman deixa claro que os PCK conectam o conhecimento da disciplina com a didática do professor, transformando o conteúdo para seu ensino, o que Chevallard define como transposição didática, e tal constatação justifica uma incursão, ainda que superficial, pelo entendimento que a transposição didática empresta ao magistério de qualquer disciplina.

3.3. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Segundo Chevallard, a transposição didática é o processo de transformação do saber de referência (ou saber sábio), que é descoberto e/ou produzido no contexto da pesquisa e/ou da produção, sendo definido como um saber a ser ensinado, até que seja transformado em objeto de ensino.

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática.⁵⁰

É de se esperar que todo saber ensinado “espelhe” o saber sábio original, gerado no contexto da pesquisa/produção. Todavia, no contexto ensino-aprendizagem o saber ensinado não será necessariamente uma simplificação do saber sábio transferido para sala de aula.

Trata-se de um conhecimento novo, capaz de responder aos dois domínios epistemológicos diferentes: o de sua origem e o da sala de aula.

⁵⁰ [CHEVALLARD, 1991, p.39]

Podemos dizer que, em primeira instância, a transposição didática ocorre na produção de material didático e se constitui em um grande desafio para o magistério de qualquer disciplina, principalmente na área STEM⁵¹.

A tarefa de elaborar material que auxilie os alunos a compreenderem assuntos que eventualmente levaram anos, décadas ou até séculos para serem entendidos por cientistas dedicados e que investiram muito tempo nessa tarefa, trabalho ou pesquisa é, no mínimo, ousada.

Indiscutivelmente, apresentar em poucas horas semanais o saber acumulado ao longo de todos esses anos (talvez séculos) só é possível através de escolhas que permitam um vislumbre coerente do todo, ainda que este não seja plenamente apresentado.

Desse modo, as opções feitas pelo professor em sua disciplina, particularmente sobre o que apresentar e o que não apresentar, bem como a própria argumentação nesta apresentação, constituem em segunda e/ou última instância, uma transposição didática.

E não é sem motivo que a experiência e a bagagem do professor constituem dois fatores determinantes para o sucesso de sua tarefa.

⁵¹ Sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Science, Technology, Engineering e Mathematics)

CAPÍTULO 5

ESTRATÉGIA E METODOLOGIAS

“Aja antes de falar e, portanto, fale de acordo com os seus atos.”

Confúcio

1. INTRODUÇÃO

Ingressamos no doutorado com a intenção de trabalhar a introdução de temas da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica. Todavia, decorridos três anos desde o nosso ingresso, somando-se a troca de orientador com a premência do tempo e a oportunidade que surgiu, já apresentada no capítulo 1, junto ao grupo de pibidianos¹ na UFF, decidimos aproveitar a experiência acumulada ao longo das décadas dedicadas ao Ensino da Física, particularmente na Educação Básica, juntamente aos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo desenvolvidos ao longo desse período, em um novo projeto de pesquisa.

Não foi fácil, tampouco simples, mas sob a orientação do prof. Dr. Jorge de Sá Martins, iniciamos a caminhada que nos trouxe até aqui.

2. DELINEANDO A INVESTIGAÇÃO

Ao final de 2018, ainda sem muita clareza sobre como atuar, começamos a participar com de encontros semanais com os pibidianos. Na ocasião, animados com a nova perspectiva de trabalho, buscávamos identificar como materializar nossa intenção em uma proposta de Tese que fosse viável no exíguo tempo que nos restava.

Inicialmente na condição de ouvintes, pouco e pouco fomos nos integrando ao grupo e sendo convidados a emitir nossa opinião sobre as questões que eram levantadas, bem como a contribuir com nossa experiência na condução de casos similares aos que eram apresentados, pois a primeira parte desses encontros era dedicada ao relato das experiências vivenciadas pelos pibidianos junto aos alunos e aos Professores-Supervisores. Após as apresentações, via de regra o prof. Jorge tecia considerações sobre a Física envolvida nas situações apresentadas e/ou sobre as questões de ensino surgidas nas vivências relatadas.

¹ Todos os pibidianos, os Professores-Supervisores, bem como as escolas que participaram dessa investigação estão devidamente registrados no anexo D do presente trabalho.

Posteriormente, atendendo às demandas do grupo, ocorriam debates e os encontros terminavam com os pibidianos sendo instados a atualizarem seus “diários de bordo” – instrumentos que mais tarde viríamos a utilizar em nossa coleta de dados, uma vez que neles eram registradas as discussões, observações, ocorrências e encaminhamentos, bem como as sugestões e as soluções propostas para as questões apresentadas.

Na virada do ano de 2018 para 2019, quando o prof. Jorge precisou se ausentar por um período e nos pediu para conduzirmos os encontros durante sua ausência (pedido esse atendido prontamente), foi que tivemos o *insight* sobre como utilizar o trabalho com os pibidianos em uma nova proposta de Tese.

Amadurecemos a ideia e quando o prof. Jorge regressou, lhe apresentamos a nova proposta, que foi aceita e referendada. Nesse ponto, intensificamos esforços para acompanhar os pibidianos e suas ações junto aos alunos, pois eles já estavam atuando nas turmas de Ensino Médio das duas escolas da rede pública da cidade de Niterói que participavam do programa.

Afortunadamente, não demorou para verificarmos que ambas as escolas ofereciam boas possibilidades para a comprovação de nossa hipótese. Como antecipamos no primeiro capítulo, a intenção era verificar se nossa atuação junto aos pibidianos poderia gerar incremento motivacional e empoderamento dos mesmos e se isso se propagaria para os alunos assistidos².

Refletindo sobre a estratégia a adotar, nos demos conta de que estávamos diante de três contextos. O da pesquisa propriamente dita, que englobava os demais, demandando metodologias diversas para sua consecução. O segundo, que correspondia ao dos encontros semanais com os pibidianos e o terceiro, correspondendo às salas de aula das turmas de Ensino Médio acompanhadas pelos pibidianos.

² Lembrando que estamos utilizando o termo *aluno(s)* apenas para nos referirmos aos alunos da Educação Básica, e o termo *pibidiano(s)* para nos referirmos aos licenciandos pertencentes ao grupo do PIBID.

3. A ESTRATÉGIA ADOTADA

Como o primeiro bimestre de 2019 já estava em curso, tão logo possível iniciamos um acompanhamento sistemático das aulas dos Professores-Supervisores nas duas escolas participantes do programa, focando a atuação dos pibidianos.

Todavia, como o tempo para esse acompanhamento era escasso – afinal, durante todo o período de doutorado nunca deixamos de exercer nossas funções laborais cotidianas, tanto na Direção da Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói (Centrinho), quanto ministrando aulas de Física na 3ª série do Ensino Médio no Centro Educacional Anísio Teixeira (CEAT) – não seria possível realizar o trabalho de campo acompanhando todas as aulas nas duas escolas, como inicialmente desejado.

O desafio era grande. Para concluir a tarefa à que nos propuséramos, apresentando resultados com a qualidade necessária e dentro do prazo exíguo disponível, elegemos uma estratégia com os seguintes pontos:

- ✓ Articular com os Professores-Supervisores das escolas participantes, a utilização de suas turmas em nossa investigação, bem como solicitar-lhes a sequência de conteúdos planejados para serem trabalhados com seus alunos, e sua distribuição bimestral ao longo do ano letivo.
- ✓ Apresentar aos pibidianos uma proposta de trabalho a ser levada a efeito nas escolas, entusiasmando-os para que colaborassem com a investigação.
- ✓ Utilizar os encontros semanais com os pibidianos para instigá-los, apresentando-lhes *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* que pudessem ser desenvolvidos junto ao alunado.
- ✓ Acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos nas escolas, *in loco* e através dos diários de bordo.

- ✓ Coletar dados e informações sobre os resultados obtidos pelos alunos, principalmente por aqueles com históricos de baixo desempenho, procurando verificar a correlação entre possíveis alterações desse desempenho e a atuação dos pibidianos.
- ✓ Entrevistar os atores envolvidos (pibidianos, supervisores e coordenador) para obter suas visões/opiniões sobre questões de interesse.
- ✓ Analisar dados, depoimentos e resultados dos alunos visando obter elementos para responder à questão de pesquisa.
- ✓ Registrar e apresentar os resultados obtidos, conclusões e perspectivas futuras.

Certamente, à medida em que as coisas avançavam necessitamos realizar ajustes, adaptações e/ou modificações, todas visando aperfeiçoar o trabalho.

Como ficará claro mais adiante, pressupúnhamos poder apresentar uma argumentação mais quantitativa. Todavia, o trabalho evoluiu dentro de uma perspectiva qualitativa e, devido à premência de tempo, bem como às possibilidades de registro, assim o desenvolvemos.

É preciso registrar que em ambas as escolas os Professores-Supervisores foram sempre muito solícitos. Além de nos municiarem com todas as informações solicitadas, necessárias ao nosso planejamento, nos franquearam apoio incondicional. Além disso, em ambas as escolas, todas as turmas selecionadas pertenciam a uma das três séries do Ensino Médio e estavam, todas elas, sob a regência de um dos dois Professores-Supervisores das escolas participantes.

Contudo, enquanto nos preparávamos o primeiro bimestre de 2019 seguia célere e só conseguimos iniciar efetivamente os trabalhos de campo no segundo bimestre. A partir daí, as coisas começaram a seguir dentro do planejado, sem grandes transtornos.

Nos encontros semanais trabalhávamos os *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* relevantes e pertinentes às demandas enfrentadas nas salas de aula, procurando instigar e empoderar os pibidianos. Alguns exemplos desses PCKs podem ser encontrados no anexo E.

As perspectivas eram boas e animadoras. Todavia, se quiséssemos coletar material consistente para responder à questão de pesquisa com a devida credibilidade, obviamente precisaríamos dilatar nosso prazo, uma vez que o prazo natural para defendermos nossa Tese seria no segundo semestre de 2019. Solicitamos uma prorrogação de prazo à Coordenação do PEMAT, conseguindo postergar nossa defesa para meados do ano de 2020.

4. A QUESTÃO METODOLÓGICA

Nossa estratégia demandava o mapeamento das consequências da atuação dos pibidianos junto aos alunos nas salas de aula. Portanto, necessitávamos acompanhar a atuação dos pibidianos em todas as frentes possíveis.

Relembrando metodologias de diversos trabalhos lidos ao longo do doutorado, resolvemos definir um *modus operandi* próprio, demarcando contextos e estabelecendo cenários e perspectivas de observação.

Desenvolvemos uma metodologia para dar conta da complexidade da tarefa no tempo disponível, sem forçar o andamento da investigação, nem de seus resultados. O trabalho semanal com pibidianos ajudou, uma vez que eles já se dividiam em subgrupos para atuarem nas escolas. Aproveitamos essa divisão organizando adequadamente os cenários de observação, mapeando e vinculando a atuação de cada equipe aos cenários específicos.

Enfim, usamos o primeiro bimestre de 2019 preparando o trabalho de campo e desenvolvendo estratégia e metodologias que seriam utilizadas em cada contexto/cenário.

A esse ponto nos demos conta de que a maioria dos recursos e instrumentos disponíveis possuíam caráter qualitativo, o que nos conduziu a uma investigação qualitativa.

Como a pesquisa qualitativa se constitui de diversas possibilidades metodológicas e permite um processo dinâmico de coleta e análise de dados, assim a desenvolvemos.

Dentre as possibilidades disponíveis, a técnica de grupo focal apresenta interessante perspectiva para a coleta de dados a partir da interação grupal, promovendo ampla problematização sobre um tema e/ou foco específico. Embora rigorosamente não a tenhamos utilizado, essa técnica inspirou diversos momentos de nossos encontros, particularmente quando objetivávamos recolher a opinião do grupo sobre tal ou qual assunto.

Podemos dizer que, no que se refere às metodologias, lançamos mão de diversas possibilidades buscando verificar nossa hipótese.

5. A METODOLÓGICA DA PESQUISA

Iniciamos o acompanhamento mais sistemático da atuação dos pibidianos no segundo bimestre de 2019, procurando catalogar evidências que favorecessem a comprovação de nossa hipótese. No contexto da pesquisa propriamente dita, utilizamos de técnicas/metodologias diversas, destacadamente a *observação participante*, a *análise documental*, divisão em cenários de observação e trabalho com as equipes, debates em grupo e anotações pessoais, *entrevistas*.

5.1. OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

Durante o segundo bimestre, acompanhávamos as aulas dos Professores-Supervisores sempre que possível sugerindo encaminhamentos e abordagens, e eventualmente ministrando aulas com essas características, quando nos ocorreu investir em uma abordagem mais ousada. Entramos em entendimento com o Professor-Supervisor da escola 1 (aquela cujo acesso nos era mais fácil) e, de comum acordo, acertamos que a partir do terceiro bimestre a condução das aulas em uma das turmas³ ficaria a nosso encargo.

Vale registrar que transcorreria algum tempo desde que havíamos apresentado nossa proposta de investigação aos pibidianos, explicando-lhes que estaríamos interessados em acompanhar a atuação deles junto aos alunos. Todavia, quando lhes apresentamos o acerto feito

³ A turma que, segundo a visão desse Professor-Supervisor, apresentasse o desempenho mais comprometido.

com o Professor-Supervisor da escola 1, acentuando que passaríamos a conduzir as aulas de Física em determinada turma a partir do terceiro bimestre, ainda mais quando lhes dissemos que o faríamos utilizando abordagens alternativas⁴ na apresentação dos conteúdos, em contraposição ao desenvolvimento tradicional, visando a comparação de desempenhos dos “nossos” alunos com o desempenho dos demais alunos das outras turmas da mesma série nessa escola, os pibidianos passaram então a considerar que esse seria o foco de nossa investigação.

Não os dissuadimos de pronto, pois que de certo modo estavam corretos e percebemos que ficaram bem interessados com as perspectivas do trabalho.

Assim, a partir do terceiro bimestre, estivemos imersos em um dos cenários de observações delineados para a investigação, literalmente em observação participante.

5.2. ANÁLISE DOCUMENTAL

A análise documental foi imprescindível nesse trabalho. Ainda que não seja necessário, justificamo-nos recorrendo à Lüdke & André quando dizem:

Os documentos constituem também uma fonte poderosa de onde podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informações. Não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto⁵.

Mais ainda, “[...] pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja completando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema”⁶, ou seja, além de ser um procedimento de pesquisa com características e finalidades próprias, a análise documental pode ser utilizada como técnica complementar validando dados obtidos por meio de técnicas como entrevistas, questionários, observações etc.

⁴ A ideia era de aproximar o trabalho ao máximo do projeto Galera da Física, já apresentado no capítulo 3.

⁵ [LÜDKE & ANDRÉ, p. 39, 1986]

⁶ [LÜDKE & ANDRÉ, p. 38, 1986]

Considerando que boa parte de nossos dados ficou comprometida quando de nossa mudança de cidade, os resultados que apresentaremos advieram em boa medida da análise realizada sobre a documentação disponível, principalmente sobre os “diários de bordo” mantidos pelos pibidianos, anotações pessoais e diários de classe, particularmente da turma eleita para nosso acompanhamento mais de perto.

5.3. OS CENÁRIOS DE OBSERVAÇÃO

Definimos cinco cenários de observação.

Aleatoriamente o grupo de pibidianos já havia se dividido em quatro, por questões práticas relacionadas a atuação dos pibidianos nas salas de aula, ficando dois subgrupos alocados em cada escola. Desse modo, naturalmente surgiu a divisão do grupo por escola e por turma/série para o acompanhamento dos alunos.

Como cada equipe teria um campo de atuação e observação próprio, uma vez que não era possível ter todos os pibidianos em todas as aulas das duas escolas, aproveitamos a divisão já existente, para efeito de nossos registros e observações.

Consideramos como **cenário base** (ou **cenário 0**) o ambiente dos encontros semanais com o grupo completo de pibidianos. O grupo completo era composto por dezesseis membros, divididos em quatro equipes com quatro membros em cada uma. Por simplicidade, e para facilitar nossos registros, denominamos os subgrupos como equipes **A**, **B**, **C** e **D**.

No cenário base todos relatavam suas vivências e nele ocorriam as discussões sobre como melhor proceder para resolver essa ou aquela questão, de Física ou de Didática da Física. Foi esse cenário que o prof. Jorge nos franqueou a condução, permitindo que desenvolvêssemos o trabalho de apresentação dos *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* relevantes e pertinentes às questões levantadas, instigando e incentivando os pibidianos a assumirem, sempre que possível, ações propositivas junto ao alunado em sala de aula. Procurávamos motivar e

empoderar os pibidianos com a finalidade de observar se tal motivação e empoderamento se propagariam para os alunos assistidos por eles.

Para fins de registro e controle de nossas observações definimos o seguinte esquema:

As **equipes A e B** seriam aquelas que atuavam na **escola 1**, respectivamente com as turmas de primeiras e terceiras séries, e as **equipes C e D** seriam aquelas que atuavam na **escola 2**, respectivamente com as turmas de segundas e terceiras séries, todas turmas do Ensino Médio.

Como não nos seria possível acompanhar presencialmente o trabalho de todas as equipes, em função da proximidade da **escola 1** com nosso principal local de trabalho, e dada a facilidade de acesso a essa escola, a elegemos para nossas incursões presenciais.

Da conversa com o Professor-Supervisor dessa escola, definimos que uma das turmas de primeira série do Ensino Médio – a que, segundo ele, apresentava histórico de desempenho mais comprometido – constituiria o **cenário 1** de nossas observações. Definimos ainda, com a aquiescência desse Professor-Supervisor, que a partir do terceiro bimestre assumiríamos a condução das aulas de Física nessa turma, passando a ministrar aulas com perspectiva diferenciada, que seriam acompanhadas pela **equipe A** de pibidianos.

O **cenário 2** ficou definido como correspondendo às demais turmas de primeira série da **escola 1**, uma vez que também eram acompanhadas pela mesma **equipe A** e, com isso, poderíamos comparar o efeito causado por nossa atuação direta sobre esta equipe (**cenário 1**) com a atuação independente dessa equipe (**cenário 2**), pois que nesse cenário não haveria interferência direta nossa.

Definimos que o **cenário 3** de nossa investigação seria composto pelas turmas da terceira série da **escola 1**, acompanhadas pela **equipe B** de pibidianos. Cenário este que também não teria qualquer interferência direta nossa. Por fim, o **cenário 4** ficou definido pelas turmas de segunda e terceira séries da **escola 2** acompanhadas respectivamente pelas **equipes C e D**, também sem qualquer interferência direta nossa.

Assim, a partir do terceiro bimestre acompanharíamos diretamente o desenvolvimento do trabalho no **cenário 1**, mas não atuaríamos diretamente com as turmas dos **cenários 2, 3 e 4**.

Como todas as turmas dos Professores-Supervisores eram assistidas por alguma equipe de pibidianos, não nos seria possível comparar o desenvolvimento dos alunos das turmas acompanhadas com o desenvolvimento de alunos das mesmas séries sem a atuação dos pibidianos, o que tornava a obtenção de resultados um tanto complexa.

Desse modo, consideramos o **cenário 1**, no qual estaríamos conduzindo diretamente os trabalhos como nosso grupo experimental, uma vez que as características de nossa condução certamente favoreceriam uma atuação proativa dos pibidianos, considerando grupos de controle os **cenários 2, 3 e 4**, nos quais verificaríamos indiretamente a atuação dos pibidianos junto aos alunos, sem nossa interferência.

Ao apresentarmos a configuração de cenários aos pibidianos, estes reforçaram a crença de que nossa investigação se voltava aos resultados da metodologia que utilizaríamos no **cenário 1** e à comparação dos resultados dos alunos deste cenário com os resultados dos alunos do **cenário 2** (as demais turmas da mesma série na mesma escola).

Como dissemos, não os corrigimos de pronto, pois procurando minimizar o *Efeito Hawthorne* deixando-os mais à vontade em suas atuações. Afinal já lhes havíamos dito que eram eles os sujeitos de nossa investigação e que nos interessava verificar os reflexos do trabalho que desenvolvíamos nos encontros semanais na atuação deles junto aos alunos, principalmente daqueles com históricos de baixo desempenho.

5.4. ENTREVISTAS

Realizamos, ao final de 2019, uma série de entrevistas semi-estruturadas (Anexo C) com os pibidianos, os Professores-Supervisores e o Coordenador do Grupo (nosso orientador). Todavia, quase todo esse material se perdeu em nossa mudança de cidade. Em verdade a caixa onde se encontravam nosso gravador e CPU se quebrou na mudança comprometendo nossos

dados. Infelizmente o HD externo que possuíamos não estava com backup atualizado e, portanto, não poderemos fazer uso do material, uma vez que os dados não poderão ser comprovados.

6. A METODOLOGIA DO TRABALHO COM OS PIBIDIANOS

O trabalho com os pibidianos, realizado durante nossos encontros semanais, sofreu uma alteração a partir do terceiro bimestre, pois a **equipe A** passou a contar com uma interação adicional conosco durante as aulas ministradas na turma escolhida como **cenário 1**.

Em 2019, com o aval do coordenador do grupo de pibidianos (nosso orientador), passamos a assumir maior proeminência nos encontros semanais, geralmente divididos em duas partes. Na primeira, os pibidianos compartilhavam suas experiências com os demais, e nesse momento aproveitávamos para observar e registrar a evolução de cada um. Na segunda, logo após as narrativas, assumíamos a condução das discussões que se seguiam, emprestando nossa experiência e/ou apresentando recursos oferecidos pelas pesquisas que contemplavam temas demandados e/ou que julgávamos relevantes para o momento. Em muitos desses encontros apresentávamos encaminhamentos alternativos para a abordagem dos temas de aula demandados procurando, simultânea e subliminarmente, reforçar a necessidade do empoderamento dos alunos, bem como procurando empoderar os próprios pibidianos.

Com o passar do tempo, tal investimento se refletiu nas participações, tanto nos encontros semanais quanto na atuação dos pibidianos junto aos alunos nas escolas.

7. A METODOLOGIA DO TRABALHO COM OS ALUNOS

A opção metodológica utilizada com os alunos do **cenário 1** foi, a princípio, a mesma que expusemos no item 7 do capítulo anterior, quando apresentamos a metodologia utilizada no Projeto *Galera da Física*, ou seja, aplicamos uma metodologia ativa que levava em conta a bagagem dos alunos, utilizando material previamente disponível para os mesmos (livro texto,

na falta do mesmo, notas de aula), procurando explorar os *saberes dos alunos* como ponto de partida e, sempre que possível, contemplando os seguintes aspectos:

- i. identificar e/ou propor situações-problema acessíveis e interessantes, buscando proporcionar uma visão clara da tarefa a desenvolver;
- ii. orientar o estudo qualitativo dessas situações problemáticas, instigando os alunos a explicitarem funcionalmente suas ideias na tentativa de explicá-las;
- iii. conduzir o tratamento científico das situações-problema propostas, levando os alunos a “inventarem” conceitos e elaborarem hipóteses, bem como a proporem estratégias para a resolução dos problemas e questões concernentes, além da análise dos resultados obtidos;
- iv. variar as situações-problema apresentadas, para que os alunos possam manipular novos dados/conhecimentos fixando e aprofundando os temas trabalhados.

Com essa metodologia contemplamos as três etapas: o *antes*, o *durante* e o *depois*:

- ✓ o *antes*: etapa de exploração de conceitos, realizada preferencialmente com a utilização de questões exploratórias, respondidas antes de se iniciarem os estudos. Momento dedicado ao mapeamento de ideias e levantamento das concepções dos alunos, procurando gerar reflexões e aguçar curiosidades.
- ✓ o *durante*: etapa de desenvolvimento dos estudos propriamente ditos, na qual os alunos são desafiados a resolverem situações-problema e/ou exercícios propostos, a realizarem experimentos etc. É onde se desenvolve o processo ensino-aprendizagem.
- ✓ o *depois*: momento de fechamento dos estudos, onde verificamos se os objetivos traçados foram alcançados. É o momento de avaliação no qual se pode repetir as questões exploratórias (visando a comparação com as respostas anteriores) acrescidas de novas questões.

Assim, procurávamos desenvolver os conteúdos a partir do que os alunos traziam de bagagem para as aulas, sempre que possível utilizando e/ou enfatizando tanto o aspecto experimental quanto a perspectiva histórica.

E no que se refere à metodologia de trabalho utilizada com os alunos, devemos registrar que durante os primeiros bimestres havíamos acompanhado as aulas da turma escolhida para **cenário 1**, tomando o cuidado de sempre chegarmos antes do horário de início das aulas (que eram os primeiros da manhã), sempre ostentando o material que utilizávamos durante as aulas (caderno de anotações) e acompanhados dos pibidianos da **equipe A** que, paulatinamente, passaram a apresentar a mesma postura.

Após entendimento com o Professor-Supervisor, que também era o regente dessa turma, ao assumirmos a condução das aulas na mesma, estabelecemos um “combinado” com os alunos, no qual passaríamos a valorizar a assiduidade, a pontualidade, o comparecimento em sala de aula com material combinado (livro texto, caderno etc.), a realização das tarefas de casa dentro dos prazos acertados, além da participação e colaboração durante as aulas. Valorização essa que se refletiria em parte da nota bimestral. E, pelo que vimos, no segundo semestre tais itens passaram a ser valorizados também nas demais turmas.

Tal proposição nossa teve por base a experiência adquirida ao longo dos anos de magistério na Educação Básica, pois que independentemente do livro texto escolhido, quando o professor valoriza o livro e sua utilização, dentro e fora de sala, não o utilizando como mera “lista de exercícios”, os alunos também, via de regra, o valorizarão na mesma medida.

Como dizia um saudoso amigo: *o ensino mais eficaz é aquele que se dá pelo exemplo.*

CAPÍTULO 6

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

“Quando falares, cuida para que tuas palavras sejam melhores que o silêncio.”

Provérbio indiano

1. INTRODUÇÃO

Antes de tudo, é importante tecer mais algumas considerações e esclarecimentos, em particular, devido à interrupção ocorrida no desenvolvimento deste trabalho, cuja defesa deveria ter acontecido em meados do ano de 2020 e acabou sendo postergada para o presente momento (dezembro de 2022).

No início do ano de 2020, quando nos debruçávamos sobre o fechamento de nossa Tese, pois havíamos conseguido a prorrogação de prazo necessária para defendê-la, vimos irromper internacionalmente a pandemia do COVID-19, alterando rotinas e logo nos impondo o afastamento social.

Na ocasião, por questões de saúde, tivemos que nos mudar para o interior do Estado e, com isso interrompemos o trabalho de conclusão da Tese, que só foi retomado recentemente, em função da melhoria de nossa condição de saúde, mas principalmente, devido ao apoio e incentivo recebido de familiares e de nosso orientador.

Ao retomarmos o trabalho, infelizmente verificamos que parte do material coletado havia se perdido quando de nossa mudança, pois tanto o gravador digital, quanto nosso computador pessoal sofreram avarias que comprometeram a recuperação dos dados. E ainda que tivéssemos backup em um HD externo, este não estava atualizado como deveria. Como à época não armazenávamos informações na nuvem, a recuperação dos dados ficou comprometida.

Todavia, apesar da perda de dados e principalmente do tempo decorrido, avaliamos que o material já incorporado no presente trabalho configurava uma contribuição interessante e ainda atual, contendo relevante compilação da literatura selecionada para a fundamentação de nossas ideias, escolhas e encaminhamentos, conjugada com a apresentação da experiência acumulada ao longo das décadas dedicadas ao Ensino da Física na Educação Básica e que, a nosso ver, poderia auxiliar o percurso de professores iniciantes e, em particular, o desenvolvimento de professores em formação.

É também oportuno registrar que nossas referências aos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (PCK) que influenciaram os sujeitos dessa investigação, não se restringem aos PCK que apresentamos aos pibidianos, fruto de nossa experiência. Aí se incluem todos os PCK que se somam na composição dos repertórios individuais de cada sujeito – desde aqueles vivenciados em seus cursos de licenciatura (obviamente os que puderem ser transpostos para as salas de aula da Educação Básica), passando por aqueles que apresentamos em nossos encontros semanais com o grupo, até os vivenciados nas salas de aula da Educação Básica, em particular, nos cenários de nossa investigação, mas também em suas vivências enquanto alunos ao longo de sua história. Enfim, consideramos todos os PCK que, uma vez incorporados, passam a integrar os repertórios pessoais de cada pibidiano.

Concluindo essa breve introdução, lembrando que a *motivação* é certamente um dos fatores essenciais para o desenvolvimento de qualquer tarefa, queremos registrar *um fato*, simultaneamente interessante, inusitado e motivador, que ocorreu nos resultados da avaliação do terceiro bimestre na escola 1.

Quando comparamos o desempenho médio dos alunos da turma do cenário 1 (ou seja, a turma escolhida para nossa condução) com o desempenho médio dos alunos das turmas do cenário 2 (as demais turmas da mesma série na mesma escola), verificamos que o resultado dos primeiros havia sido melhor que o resultado dos demais. Embora, por si só, tal constatação não nos permitisse realizar grandes inferências, ela gerou ânimo diferenciado nos encontros semanais, motivando singularmente os pibidianos tanto ao trabalho com o alunado, quanto ao cumprimento das tarefas que lhes eram propostas.

Como parte recursos utilizados, nos dados e análises realizadas, focam os desempenhos e atuações dos alunos, particularmente daqueles com históricos de desempenho comprometido, esse *fato*, além de ter surpreendido a todos, foi considerado como uma das primeiras evidências de que estaríamos seguindo o caminho correto.

2. A COLETA DE DADOS

Nossa coleta de dados ocorreu de modo peculiar, pois com a premência de tempo para o início de nossas atividades de campo não nos preocupamos em produzir muitos instrumentos específicos para a investigação. Lançamos mão de todos os recursos possíveis para a coleta de dados nos cenários descritos. Ou seja, nos utilizamos de:

- ✓ relatos dos pibidianos quanto às suas vivências nas escolas e às situações enfrentadas, realizados em nossos encontros semanais;
- ✓ observações direta das posturas e atitudes desses pibidianos, além de suas colocações e argumentações durante as discussões levadas a efeito nos encontros;
- ✓ registros realizados pelos pibidianos em seus diários de bordo;
- ✓ observações diretas da atuação da equipe A no cenário 1;
- ✓ listas de exercícios e tarefas passadas aos alunos;
- ✓ provas dos alunos das turmas dos cenários 1 e 2;
- ✓ diários de classe das turmas dos cenários 1 e 2;
- ✓ entrevistas com os todos os pibidianos, com os Professores-Supervisores e com o Coordenador do grupo (nosso Orientador).

Bem como, procuramos nos valer de todas as possibilidades franqueadas pelo cotidiano escolar, algumas palpáveis (tais como: notas de aula, listas de exercícios, resultados de provas, diários de classe etc.), outras nem tanto (como os registros obtidos pela observação, direta ou mediada, da atuação de alunos e dos pibidianos).

O cotidiano escolar também nos fornecia material que alimentava os encontros semanais, sendo que os registros desses encontros foram feitos, em grande parte, nos diários de bordo dos pibidianos, e complementados pelos apontamentos que realizamos durante os encontros.

As entrevistas (Anexo F), que foram realizadas ao final do ano letivo de 2019, também haviam fornecido material relevante para nossas conclusões, particularmente pelo feedback dos

sujeitos da pesquisa. Todavia, infelizmente, como já dissemos, incluem-se entre os dados perdidos em nossa mudança e que não conseguimos recuperar.

Porém, vale registrar que durante essas entrevistas ficou marcado, por muito curioso, observar os pibidianos se dando conta de que eram eles os sujeitos da investigação, pois que haviam realmente apagado de suas memórias o que lhes apresentamos como nossa proposta de Tese, em detrimento do trabalho que realizamos junto a uma das turmas da primeira série da escola 1. As reações de espanto vivenciadas no momento dessa constatação foram por demais interessantes. Salvo o prof. Jorge, os demais não atentaram para qual era o real objetivo de nossa investigação.

3. AS EVIDÊNCIAS

Consideramos como uma primeira evidência o fato relatado na introdução, com relação ao resultado da avaliação do terceiro bimestre nas turmas de primeira série da escola 1. Tínhamos consciência de que não se tratava de uma mágica e/ou vertiginosa melhora coletiva na *saber discente*. Embora o fato, por si só, não nos permitisse afirmar nada conclusivamente, certamente trouxe ânimo e motivação para pibidianos e alunos.

Contudo, como havia ocorrido, deveria se justificar por algum motivo. A nosso ver, um conjunto de fatores poderia explicá-lo, sendo três fatores os mais prováveis:

- (i) a atuação dos pibidianos;
- (ii) mudanças na perspectiva de elaboração das questões da prova, com valorização do conceitual;
- (iii) mudanças nos critérios de correção dessas questões.

Uma segunda evidência, não relacionada diretamente a atuação dos pibidianos com os alunos, ocorreu com o 10º Fórum de Licenciaturas, na XVII Mostra de Iniciação à Docência na Educação Básica, VI Encontro Anual PIBID e II Encontro Anual PIRP em Niterói.

Os relatos sobre as apresentações dos pibidianos assinalaram singular destaque com proeminência e proatividade dos mesmos. O prof. Jorge (Coordenador do Grupo e nosso Orientador) nos reportou ter sido abordado por membros da organização do encontro tecendo observações nesse sentido, evidentemente impressionados com o desempenho do grupo.

Diversas evidências quanto ao empoderamento dos pibidianos obtivemos nos diários de bordo de muitos. Apresentamos a seguir um extrato significativo do diário do pibid04, que sintetiza o sentimento do grupo quanto à condução dos trabalhos com os alunos e apresenta a consciência e a maturidade quanto à problemática e suas consequências para o professor-supervisor no caso de tomada de determinadas atitudes.

_ Reunião - 31/05/19 _

- A principal questão apontada na reunião foi sobre como conciliar os métodos que julgamos mais corretos e efetivos com os que o professor supervisor julga melhor. O professor supervisor do Colégio [REDACTED], [REDACTED], pediu para dar a última aula, demonstrando um medo com relação à metodologia que Marcelo estava utilizando nas aulas passadas. Foi comentado então sobre a importância de conversar com o professor supervisor sobre esta metodologia, já que nós, bolsistas, temos contato semanalmente com Marcelo para falar sobre os objetivos de cada aula e por isso estamos de acordo e entusiasmados com este tipo de abordagem, mas o professor supervisor não tem nenhum tipo de estímulo para acreditar no método, ele apenas vê o que ocorre em sala de aula, sem ter ideia de quais são os objetivos, não podendo avaliar os avanços dos alunos.

Os bolsistas que atuam no Colégio [REDACTED] na segunda-feira, no terceiro ano, se queixaram que o professor supervisor pede para eles darem aula, mas cobra que a abordagem utilizada seja a específica que lhe agrada, e o cronograma é imposto por ele, não havendo margem para que os bolsistas atuem mais livremente, mudando a ordem de apresentação dos conteúdos, ou tempo que passa em cada um, ou forma que os apresenta. Assim, surgiu o questionamento de como acabar não "encaretando", já que estão sempre sendo moldados. Esta é uma questão muito complicada, pois o professor está cedendo um espaço, então não podemos alterar toda a forma que ele está passando a matéria sem que ele concorde, mas também não devemos atuar da forma que julgamos mais ineficiente. Foi dado como uma solução não perder o interesse a paixão pela física e pelos métodos menos tradicionais, assim como tentar mostrar pro professor supervisor que nossos métodos não só funcionam como, em geral, atraem mais a turma para a matéria.

Um fator que não podemos desconsiderar quando tratamos desta questão é que o professor supervisor que responde pela turma na escola, então se a coordenação ou direção não aprovar os métodos diferentes que propomos, a cobrança vai cair em cima do professor, então muitas vezes o professor supervisor pode estar empolgado e interessado na abordagem que apresentamos, porém não tem muita liberdade para aplicá-la na escola.

- Uma outra discussão levantada foi sobre a importância de acabar com a ideia de que a física é um bicho de sete cabeças, implantada culturalmente. Para que haja motivação e interesse por parte do aluno, é necessário que a matéria não o assuste. Assim, é importante saber quando alterar a ordem de apresentação dos conteúdos. Se a turma estiver apresentando dificuldade em determinado conteúdo e tiver mais interesse em outro, é crucial que o professor saiba quando mudar o seu cronograma, assim como Marcelo fez no Colégio [REDACTED], em que em vez de falar sobre vetores antes da ideia da relação força \times movimento, falou apenas superficialmente sobre vetor, e já foi direto para a parte mais conceitual, que é mais fácil de o aluno se interessar.

Em verdade as manifestações de amadurecimento e empoderamento ocorreram num crescendo ao longo do trabalho. Ainda recorrendo a extratos dos diários de bordo, apresentamos dois trechos redigidos por dois outros pibidianos (pibi08 e pibid10) para ilustrar o que dissemos:

(Pibid08) Rio de Janeiro, 22 de Abril de 2019.

Durante os últimos três meses ocorreram diversas atividades, tanto com relação à escola como também em relação às reuniões. As reuniões do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) começaram no mês de Fevereiro e com o novo ano letivo vieram novos horizontes, a começar com as reuniões que até então foram guiadas pelo professor Marcelo Fonte Boa. O professor Marcelo trouxe para os nossos encontros um pouco de sua experiência com os alunos de ensino fundamental e médio e nos tem dado dicas valiosas de como introduzir um conteúdo, dicas conceituais, tem trazido conceitos físicos através de experimentos simples que podem ser trabalhados em sala de aula e, além disso, tem trabalhado um pouco a nossa visão da vida real, ou seja, a realidade do aluno e como podemos pegar a experiência de vida dos estudantes e conectá-la ao conteúdo de física para que a aprendizagem possa ser mais eficaz.

(...)

Na última reunião no dia 12 de Abril, o professor Fonte Boa trabalhou conosco um pouco o conceito de potência elétrica a partir de um experimento com lâmpadas incandescentes num circuito misto. A partir do experimento realizado no encontro, nós, bolsistas, começamos a interagir com o aparato experimental e expandimos o assunto inicial a uma vasta gama de assuntos como o estudo de resistência, o cálculo

da potência das lâmpadas com os valores observados de corrente e tensão da rede e depois comparar com o resultado obtido com o valor especificado na lâmpada, o raciocínio de funcionamento de um chuveiro elétrico, como funciona um disjuntor etc.

(Pibid10) em 10/06/2019.

(...) Na turma ■■■ conseguimos uns 15 minutos no final da aula para apresentarmos o circuito do professor Marcelo. Percebi que conseguimos atrair o interesse dos alunos, eles participaram e prestaram bastante atenção. Mostramos cada tipo de associação, o porquê de cada lâmpada brilhar mais de um jeito do que de outro. Acredito que eles ficaram curiosos e perceberam que o conteúdo que estamos trabalhando com eles tem uma aplicação prática. Nas outras duas turmas pretendemos apresentar este circuito também, pois os alunos necessitaram de mais tempo para terminar os exercícios.

Outras evidências obtivemos em nossa observação participante, no que se refere a atuação dos pibidianos da equipe A. Suplantando a timidez e a pouca experiência no lidar com público, os pibidianos dessa equipe se superaram na atuação junto aos alunos da turma do cenário 1.

No diário de bordo de um dos pibidianos encontramos uma evidência da propagação almejada, ainda que não seja de acordo com a correção desejada (rsrs):

(Pibid12) Dia 03 de Junho de 2019:

(...) Algo que me chamou atenção foi como os alunos estavam mais relaxados e abertos. Inclusive, durante o intervalo, alguns alunos chegaram atrasados na turma. Um deles que estava na aula anterior, aproveitou da matéria que estava escrita no quadro e começou a explicar para o outro de forma bastante informal. Essa turma era a que tem aula antes do intervalo e depois do intervalo. De forma um pouco errada, ele começou a explicar o percurso de uma corrente pelo circuito elétrico dizendo que um lado era uma tribo que estava em guerra com a tribo do outro lado, que ao chegar na resistência eles iriam guerrear. Achei bastante engraçado o aluno se envolver com a matéria e explicar para o outro de forma bastante informal.

Particularmente no terceiro bimestre, quando a nota passou a incluir, timidamente, novos elementos em sua composição, os alunos chegaram a apresentar comportamento diferenciado, visando se valer do recurso, como pode ser depreendido do extrato obtido no diário de bordo do pibid13 ao registrar ocorrência sobre a turma do cenário 1:

Relatório - 28/08/2019 (Quarta-feira)

No dia 28/08, a turma [REDACTED], ‘iniciou’ a aula com corpo estudantil superior a todas as demais aulas passadas. Essa quantidade de alunos pode ser justificada pelo ponto oferecido para quem estiver presente na primeira aula. Como de costume o Marcelo iniciou falando de equilíbrio e as Leis de Newton., em seguida, abordou os conceitos de Normal e Peso com o intuito de fazer os alunos notarem a importância da Normal. Perguntas foram feitas: Por que surge a Normal? Por que certos objetos afundam no líquido? Durante a explicação de como funciona as ligações moleculares, chegaram 11 alunos. Devido a repentina “bagunça”, Marcelo ficou um tempo inerte frente a turma. No entanto, o Professor conseguiu, novamente, a atenção da turma e começou a falar sobre atrito e como ele age na superfície de contato. Além disso, os alunos foram apresentados a temática de movimento de blocos interligados, fiquei surpreso com algumas respostas rápidas de alguns alunos sobre como seria o movimento e a força dos blocos apenas analisando a inércia (massa) dos blocos.

Infelizmente as condições oferecidas só se verificaram no segundo semestre e muitos já se encontravam desmotivados para qualquer mudança, pois já tinham a aprovação “comprometida”. Tanto que, por exemplo, no cenário 1, dos 40 (quarenta) nomes que figuravam no diário de classe da turma no primeiro semestre, 9 (nove) já não mais frequentavam as aulas.

Todavia, através da *Observação Participante*, pudemos identificar alguns alunos com aumento de autoestima, empoderando-se e com a percepção de que seria possível melhorar de desempenho, alterando positivamente seus resultados. Pudemos também verificar a atuação dos pibidianos, particularmente da equipe A, apresentando nítido posicionamento frente às situações de ensino-aprendizagem. Em diversos momentos, assumindo proeminência nas atitudes, como relatado no trecho do diário de bordo do pibid11:

No dia 29/05 o professor [REDACTED] [supervisado da escola 1] retornou a frente da turma. O Marcelo Fonte Boa vinha fazendo um trabalho com a turma diferente do habitual, uma aula com uma interação maior com os alunos. O professor [REDACTED] utilizou o método tradicional, ainda que tentasse a interação em alguns momentos, a sua aula era expositiva. O tema trabalhado foi as leis de Newton, a formulação das leis. Ele escreveu no quadro uma pequena definição das três leis e foi explicando uma a uma. No final da definição da terceira lei de Newton ele deixou destacado que os pares de forças, ação e reação ocorrem em corpos diferentes. No último tempo o [REDACTED] [professor-supervisor] deu a chance para um de nós lecionássemos, e eu decidi lecionar. Para começar a aula eu perguntei o que eles lembravam das últimas aulas.

Fiz isso porque todo o trabalho desenvolvido de forças e equilíbrio tinham como finalidade chegar nas leis de Newton, na sua descrição formal no contexto do ensino médio. Depois de ouvir as respostas comecei a falar sobre a primeira lei de Newton. Comecei a discussão relembrando o exemplo de quando estamos em equilíbrio dentro do ônibus a força resultante é nula e logo nos movemos com velocidade constante. Quando estamos em desequilíbrio dentro do ônibus. Em cima desse contexto formalizamos a primeira lei de Newton, falei da tendência que os corpos têm de manter o seu movimento na ausência de uma força resultante. Quando o aluno compreende que um corpo pode se mover sem uma força resultante diferente de zero atuando nele, ele deu um grande avanço para a compreensão das três leis de Newton. Na segunda lei de Newton eu falei sobre a relação entre força resultante e aceleração. Fiz até um exemplo com um aluno, perguntei o “peso” dele, que era sua massa, para calcular a força peso sobre ele e fazer uma comparação das acelerações provocadas em cada corpo, os pares seriam ele e o planeta terra. Para falarmos sobre a terceira lei, eu comecei perguntando o que preciso fazer para andar para frente? Responderam: ora é só andar, eu respondi mas o que preciso fazer para andar? Eu estava tentando construir a ideia de ação e reação. Depois eu perguntei novamente, em uma piscina o que preciso fazer para nadar para frente? Responderam: Você tem que empurrar a água para trás. Como o Marcelo diz, os alunos já têm uma noção sobre física do seu cotidiano. A partir daqui formalizamos a terceira lei de Newton. Surgiram algumas perguntas como: Se eu der um soco na parede minha mão sai machucada e a parede intacta. Respondi: que a força que ele faz na parede ao socá-la é igual a força que a parede faz na mão dele, porém ele sente dor porque a mão dele é sensível. A outra pergunta foi se o eco tinha alguma coisa a ver com a terceira lei de Newton? A um primeiro momento pensei que não tinha muita relação mas lembrei que a onda sonora é produzida pela pressão que é transmitida nas moléculas no ar, mas optei por respondê-lo na próxima aula. O professor ■ também passou alguns exercícios do livro nas turmas e os exercícios exigiam basicamente a aplicação da fórmula $F = m a$.

Confessamos que não foi fácil. Enfrentamos muita dificuldade para registro e acompanhamento das consequências da atuação dos PIBIDIANOS nas turmas onde não fazíamos observações diretas.

Parte significativa desse mapeamento, se respalda nos depoimentos dos PIBIDIANOS, tanto em nossos encontros semanais – onde registrávamos comentários sobre a evolução desse ou daquele aluno e acompanhávamos a evolução dos próprios PIBIDIANOS – quanto pelos registros obtidos em seus diários de bordo.

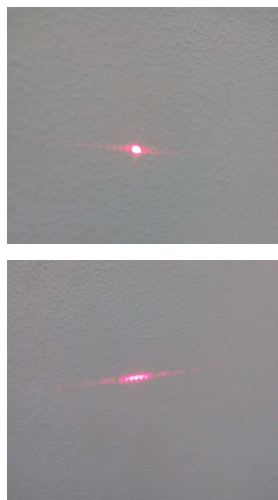
Paulatinamente as mudanças de postura foram ficando mais evidentes. Em função do empoderamento adquirido, muitos pibidianos passaram a estampar proeminência nas atitudes em aula, ao ponto de surpreender os Professores-Supervisores em certos momentos.

Por exemplo, nas palavras de um dos pibidianos (pibid02) que atuavam na escola 2, quanto a uma aula que lhes coube ministrar (apenas trocamos nomes pelos códigos usados em nossos registros):

Como tínhamos que preparar algo para o seminário, [pibid09] e eu combinamos que nessa aula do dia 16 faríamos algum experimento de espectroscopia para a explicação de difração e interferência. No domingo conversamos e preparamos a aula, a ideia seria o uso de um laser e fenda simples e dupla. Nesse dia, o professor supervisor chegou atrasado, então perdemos alguns minutos de aula.

Comecei fazendo uma revisão do conteúdo passado (reflexão e refração da luz), assim o [pibid09] logo veio com o assunto da discussão histórica de Huygens x Newton, e fazendo várias simulações de bolinhas para representar a teoria de Newton, muitos ficaram curiosos para saber mais sobre o Huygens, e entenderam bem a estória contada.

Muitos estudantes se demonstraram participativos nesse experimento, usamos nosso Laser e um pente representando as fendas (Foto) que seria o experimento de Thomas Young. O experimento foi concluído com êxito, e o custo foi baixíssimo. Tudo isso foi feito enquanto rolava um simulador do PHET onde os estudantes poderiam mexer à vontade. E também teve outro aparelho para representar as interferências destrutivas e construtivas.



Outro exemplo, nas palavras de outro pibidiano que atuava na escola 2:

(...) ao chegarmos na escola, os alunos estavam resolvendo uma lista de exercícios sobre máquinas térmicas e pediram a nossa ajuda para resolver. Nisso, [pibid10] começou a explicar alguns conceitos e quando percebeu já estava dando uma aula sobre o assunto. A aula que ele deu foi muito interativa, os alunos se envolveram bastante, e o professor supervisor vendo que aquele momento estava sendo relevante para os alunos, resolveu não realizar o experimento e deixar todo tempo de aula para que nós pudéssemos ajudar os alunos com suas dúvidas a respeito do conteúdo.

Evidentemente essas transcrições não constituíam a tônica dos acontecimentos ao longo do ano letivo. Contudo, tais narrativas, devido à singularidade, destacam a pró-atividade e a proeminência da atuação dos pibidianos. Cada qual em uma perspectiva diferente, mas todos extrapolando a atuação convencional de um estágio.

Todavia, não conseguimos recuperar os depoimentos dos pibidianos, nos quais relatam mudanças, tanto reconhecendo alterações da própria postura, quanto registrando mudanças nas posturas de alunos, que também se superavam nesse ou naquele episódio em particular.

Das reflexões realizadas ao final do ano letivo, extraímos mais alguns trechos dos diários de bordo. Da pibid03, que atuava na escola 1:

Tendo em vista todas as lições que aprendi durante o projeto e sua real contribuição para a minha formação como professora, destacou que o mesmo reforçou minha decisão de carreira. Com o PIBID obtive a primeira visão do ambiente escolar em sala de aula sob a perspectiva do professor ainda que breve devido ao tempo e minha atuação limitada como auxiliar e observadora das aulas. Uma das mais importantes lições que aprendi ao decorrer do projeto foi o empoderamento do aluno pois isto refletiu também sobre mim. Pequenas atitudes como simplesmente chamar pelo nome na chamada fazem diferença na relação aluno-professor apesar do ato parecer pequeno. Estimular e empoderar os alunos sobre suas capacidades intelectuais faz toda diferença na relação do professor com a turma e no aprendizado do aluno.

E para finalizar nossas observações sobre os registros realizados pelos pibidianos, relatamos mais um trecho extraído do diário de bordo de uma pibidiana que atuava na escola 1, mas teve que sair ao longo do ano em função de uma oportunidade de trabalho que não poderia dispensar.

Após um período de reflexões, ainda quando atuava junto aos alunos, nos diz ela:

Hoje foi a minha primeira aula de maneira diferente, fiz uma proposta aos alunos. A partir desse dia, as minhas aulas seriam diferentes do que eles estavam acostumados a fazer (copiar do quadro e me ouvir explicar depois). Agora, haveria um esforço mútuo, para que as aulas fossem melhores aproveitadas, ao invés de copiarem do quadro, iremos interagir sobre o assunto do dia, com questionamentos e discussões entre si, eles irão ler o capítulo referente a matéria dada.

O assunto de hoje foi corrente elétrica. Antes de iniciar a aula, falamos sobre notação científica, potenciação e isolar o 'x' nas fórmulas. Devido ao fato de serem os assuntos que a maioria apresentou dificuldade. Após, conversamos sobre o que é corrente (de prender cachorro, foi o que mais ouvi) e juntos chegamos ao conceito de corrente elétrica.

Em seguida, passei duas questões que envolviam o assunto, e com o uso da fórmula ensinada, eles conseguiram responder e diria que foi uma das melhores aulas em questão de aproveitamento do tempo.

4. NOSSA ANÁLISE

Como já dissemos, infelizmente não conseguimos recuperar os dados que nos permitiriam afirmar com segurança termos alcançado nosso objetivo, qual seja, o da comprovação de nossa hipótese, respondendo afirmativamente à questão de pesquisa proposta.

Todavia, ainda que não possamos fazê-lo, acreditamos que as evidências apresentadas, em maioria extraídas diretamente dos diários de bordo dos pibidianos, tenham ajudado a demonstrar que seguíamos o caminho correto para a comprovação desejada. Até mesmo apontem na direção afirmativa da hipótese proposta.

A análise do material disponível, nos leva a acreditar que realmente seja possível mapear e propagar Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo auxiliando a formação docente.

Nesse sentido, reconhecemos em Shulman fundamentos para tal. Ainda que não tenhamos nos aprofundado em sua perspectiva, concordamos com a proposição de três categorias de conhecimentos necessárias ao desenvolvimento cognitivo do professor (Shulman, 2005): o conhecimento do conteúdo a ser ensinado, o conhecimento pedagógico do conteúdo e o conhecimento curricular desse conteúdo. Certamente integrando-se na interseção entre o conhecimento específico, a didática, a epistemologia e a metodologia no ensino da disciplina.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

“Não é permitido irritarmo-nos com a verdade.”

Platão

1. INTRODUÇÃO

Não foi difícil identificar mudanças nas posturas dos pibidianos ao longo do tempo em que durou nossa investigação. Aliás, até mesmo eles próprios as perceberam, tanto que as registraram em suas autoavaliações realizadas nos seus diários de bordo.

Para ilustrar e corroborar o que dizemos, exemplificamos a seguir com quatro extratos dessas autoavaliações aleatoriamente retirados dos diários de bordo do grupo de pibidianos:

(Pibid03)

Tendo em vista todas as lições que aprendi durante o projeto e sua real contribuição para a minha formação como professora, destaco que o mesmo reforçou minha decisão de carreira. Com o PIBID obtive a primeira visão do ambiente escolar em sala de aula sob a perspectiva do professor ainda que breve devido ao tempo e minha atuação limitada como auxiliar e observadora das aulas. Uma das mais importantes lições que aprendi ao decorrer do projeto foi o empoderamento do aluno, pois isto refletiu também sobre mim. Pequenas atitudes como simplesmente chamar pelo nome na chamada fazem diferença na relação aluno-professor, apesar do ato parecer pequeno. Estimular e empoderar os alunos sobre suas capacidades intelectuais faz toda diferença na relação do professor com a turma e no aprendizado do aluno.

(Pibid04)

No PIBID pude não só conhecer, na visão do docente, como funciona uma escola mas também discutir as experiências que eu e outros pibidianos passamos. Aprendi muito em sala de aula com os bolsistas, com o professor supervisor, e principalmente com todos os alunos. Não concordo muito com a metodologia do professor supervisor, porém com certeza aprendi muito com ele, inclusive com seus erros. De todas as experiências que tive participando do projeto, o principal aprendizado que levarei para a vida profissional é de que ouvir os alunos é de extrema importância, pois conhecendo suas dificuldades, seus conhecimentos e seus desejos posso me aproximar deles e manter uma boa relação, bem como construir estratégias de ensino personalizadas pensadas em cada escola, turma ou aluno.

(Pibid11)

As nossas vivências na escola foram muito boas para aprendermos sobre o dia-dia de um professor, como é a relação professor-aluno, pibidiano-aluno. No geral os alunos nos receberam muito bem nos respeitando e interagindo conosco. As reuniões do pibid também foram muito legais e respeitadas entre todos. As discussões e os relatos eram muito bons, pois aprendemos e discutimos coisas sobre a profissão de professor, e discutimos desde como se virar em condições precárias das escolas até conceitos físicos, nossas discussões eram assim sobre física, pedagogia etc.

Aprendi bastante coisa nova, como por exemplo a importância da interação com o aluno, e que devemos explorar a curiosidade do aluno e dar voz a ele. Aprendi que experimentos são essenciais para uma aula, pois isso chama a atenção do aluno e o faz interagir com aquele fenômeno. Aprendi que as avaliações devem ser mais justas e completas e não apenas números que representem aprovações ou reprovações. Porém quebrar com essa cultura é difícil, pois o sistema já se acostumou com esse tipo de avaliação e é o jeito mais fácil de se lidar com esse tema, nós futuros professores temos que buscar novas formas de avaliar os alunos e superar ou agregar essa avaliação vigente na maioria das escolas.

Aprendi que não basta saber física, mas saber explicá-la, para isso devemos comunicar as duas áreas, física e pedagogia. Foi uma das primeiras coisas que mudei quando entrei no pibid, achava que o saber física era suficiente, mas depois de muitas discussões e experiências fui mudando de ideia e procurando melhorar tanto o meu conhecimento de física quanto o meu conhecimento sobre como explicar a física. Essa junção da física com pedagogia nos ajudará a desenvolvermos ferramentas e habilidades que possibilitem aulas mais ricas e significativas para os alunos. Observei que os colegas evoluíram bastante, superando dificuldades como timidez e a forma de se expressar.

(Pibid17)

(...) Em suma o projeto foi de grande serventia, nos dando a chance de sentir o empoderamento quanto professores, como podemos escrever uma nova história para a educação e ainda perceber de que maneira o professor pode mudar de comportamento, para que assim tenha uma abordagem mais eficaz, a importância de se preocupar com os alunos, levar o conteúdo de forma mais clara ligando o conhecimento prévio a fenômenos físicos, pois a ciência veio para explicar fenômenos da natureza que antes não eram compreendidos, gerar dúvida nos alunos para que assim possam suscitar a vontade de buscar o conhecimento, como uma abordagem mais filosófica pode ter um efeito surpreendente, debatendo os assuntos sem que tenha um viés matemático, pois em sua grande maioria os alunos tem medo das expressões numéricas, sem elas grande parte dos alunos conseguem debater e achar a solução sem nenhuma dificuldade. A contribuição do projeto na minha vida acadêmica foi algo inestimável, me proporcionou experiências únicas e maravilhosas, incentivando mais ainda a vontade de me tornar um professor.

Assim, acreditamos que as observações, registros e depoimentos coletados, além de ratificarem as referidas mudanças de postura, revelam o empoderamento que ensejou crescente proeminência e proatividade nas ações dos pibidianos.

Em nossa perspectiva, as evidências apresentadas no capítulo anterior, corroboradas por estas (e outras) autoavaliações validam nossa hipótese, nos deixando a nítida impressão de que impulsionamos a formação desses pibidianos envolvidos em nossa investigação.

2. CONCLUSÃO

Encerramos o presente trabalho vislumbrando a possibilidade de construção de uma base de *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* que, juntamente com a didática, pedagogia e metodologias adequadas pode auxiliar em muito a formação de novos quadros para a docência da Física, particularmente daquela dedicada a seu Ensino na Educação Básica.

3. PERSPECTIVAS

Nossa perspectiva se volta à possibilidade de construção da base de Conhecimentos sugerida acima. E, também, à possibilidade do acompanhamento e verificação da atual situação dos pibidianos envolvidos em nossa investigação, buscando saber: Como estão? Se eles se formaram? O que lhes ficou da vivência realizada em nosso convívio? Se estão atuando na Educação Básica? Enfim, o que sucedeu a cada um?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

“Se quer plantar para poucos dias, plante flores. Se quer plantar para muitos anos, plante árvores. Se quer plantar pela eternidade, plante ideias.”

Provérbio oriental

- ACEVEDO-DÍAZ, José Antonio. *Conocimiento Didáctico del Contenido para la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (I): El Marco Teórico*. Revista Eureka sobre Enseñanza Divulgación de las Ciencias, v. 6, n. 1, pp. 21-46. Editora UCA, 2009.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín y MORALES, Laura. *El concepto de modelo en la enseñanza de la física – consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.19, n.1: p.76-89, abr.2002.
- AGUIAR, Ricardo Rechi. *Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*, USP, 2010.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. A. *A evolução do ensino de Física no Brasil*. Revista de Ensino de Física, v.1, nº 2, p. 45-58, out/1979.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. A. *A evolução do ensino de Física no Brasil – 2ª parte*. Revista de Ensino de Física, v.2, nº 1, p. 55-73, fev/1980.
- ALMEIDA, Maria Ângela V. de. *A nova didática das ciências e o saber docente dos professores de química*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, CE, 2006.
- ALVES, Wanderson F. *A formação de professores e as teorias do saber docente: contextos, dúvidas e desafios*. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.33, n.2, p. 263-280, maio/ago, 2007.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda J. *A “Revisão da Bibliografia” em Teses e Dissertações: Meus Tipos Inesquecíveis*, Cad. de Pesquisa, São Paulo, n 81, pp. 53-60, mai/1992.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda J. *Impacto da pesquisa educacional sobre as práticas escolares*. In: ZAGO, N. E outros (orgs.). *Itinerários de Pesquisa: perspectivas qualitativas em Sociologia da Educação*. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.
- ANDRADE, Aurélio de L. *Aprendizagem e Desenvolvimento Organizacional: Uma experiência com o modelo da quinta disciplina*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. PPGEP - UFRGS. Porto Alegre, 1998.
- ANDRADE, E. P.; FERREIRA, M. S.; VILELA, M. L.; AYRES, A. C. M. & SELLES, S. E. *A dimensão prática na formação inicial docente em Ciências Biológicas e em História: modelos formativos em disputa*. Ensino em Revista, Uberlândia, v. 12, n. 1, p. 7-19, 2004.
- ARONS, Arnold B. *Teaching Introductory Physics*, New York, John Wiley & Sons, 1997.
- BANDURA, A. *Self-efficacy*. In V. S. RAMACHAUDRAN (Ed.), *Encyclopedia of human behavior*, v.4, pp. 71-81. New York: Academic Press. (Reprinted in H. Friedman [Ed.], *Encyclopedia of mental health*. San Diego: Academic Press, 1998). 1994

- BARRA, Vilma M. & LORENZ, Karl M. *Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980*. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n12, pp. 1970-1983, 1986.
- BARROS, Suzana de Souza. *Reflexões sobre 30 anos da Pesquisa em Ensino de Física*. Conferência proferida no VIII EPEF, Águas de Lindóia, SP, jun./2002.
- BERLINER, D. C. *In pursuit of the expert pedagogue*. Educational Researcher, vol. 15, no 7, p. 5-13, 1986
- BEZERRA, E. Coelho. *A educação necessária para o século XXI*. Revista Eletrônica Política e Gestão Educacional. UNESP/Araraquara. 1º sem, n 3, 2003. http://portal.fclar.unesp.br/publicacoes/revista/polit_gest/edi3_artigoeliodebezerra.pdf (acesso abr/2015)
- BLACK, Max. *Models and Metaphors*. STUDIES IN LANGUAGE AND PHILOSOPHY. Cornell University Press. ITHACA, NEW YORK, 1962.
- BORGES, A. Tarciso. *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BORGES, Cecília. *Saberes docentes: diferentes tipologias e classificações de um campo de pesquisa*. Educação & Sociedade, abr. 2001, vol.22, nº 74, p.59-76.
- BOURDIER, Pierre. *Capítulo III. A gênese dos conceitos de habitus e de campo*. In: BOURDIEU, P. *O poder simbólico*. Tradução de Fernando Tomaz. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp. 59-73, 1989.
- BRANDÃO, Rafael V. *Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de física do ensino médio*. Dissertação de Mestrado. UFRGS, 2008. <http://hdl.handle.net/10183/12667>. (acesso mar/2016).
- BRANDÃO, Rafael V. *A estratégia da modelagem didático-científica reflexiva para a conceitualização do real no ensino de física*. Tese de doutorado. UFRGS, 2012. <http://hdl.handle.net/10183/70335>, (acesso mar/2016).
- BRANDÃO, R. V., ARAUJO I. S. & VEIT, E. A. *Concepções e dificuldades dos professores de Física no campo conceitual da modelagem científica*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. v. 9, n.3, pp. 669-695, 2010. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART10_Vol9_N3.pdf (acesso mai/2018).
- BRITTO, Tatiana Feitosa de. *‘O que é que a Finlândia tem?’ Notas sobre um sistema educacional de alto desempenho*. Núcleo de Estudos e Pesquisas. Senado Federal, Brasília, mai/2013.

- BUNGE, Mario. *Philosophy of Physics*. Foundations and Philosophy of Science Unit, McGill University, Montreal, 1973
- BUNGE, Mario. *Teoria e Realidade*. (1974) [Tradução Gita K Guinsburg] Coleção: DEBATES, v.72. São Paulo. Editora Perspectiva, 2ª reimpressão, 2013.
- CACHAPUZ, Antonio F. *Epistemologia e ensino de ciências no pós-mudança conceitual: análise de um percurso de pesquisa*. In: *II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, ABRAPEC, Valinhos - São Paulo. Atas em CD-Room A02*, 1999.
- CACHAPUZ, Antonio F. *Formação de Professores Ciências - Perspectivas de Ensino*. Porto: Porto Editora, 2000. apud LIBANORE, Ana Cristina Leandro da Silva, *As concepções alternativas de alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre o fenômeno do efeito estufa*, Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, p. 30, 2007.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J., JORGE, M., *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.
- CALAPRICE, Alice. *The ultimate quotable Einstein*. Collected and edited by Alice Calaprice, with a foreword by Freeman Dyson. Princeton University Press and The Hebrew University of Jerusalem, 2011.
- CAPEL. *Documento da Área - ENSINO*, pp.2-3, Ministério da Educação Diretoria de Avaliação, 2017. http://www.capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/DOCUMENTO_AREA_ENSINO_24_MAIO.pdf, (acesso dez/2017).
- CARTER, K. *Teachers' knowledge and learning to teach*. In: HOUSTON, W. R. (Ed.). *Handbook of research on teacher education*. New York: Macmillan, p. 291-310, 1990
- CASANOVA, M. P.; Barreto, M. J.; Cotrim, N.; Ferreira, S.; Fati, A.; Morato, P. *Teorias da Aprendizagem: Psicopedagogia das Necessidades Especiais*. jan./2018 <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/21339> (acesso mai/2018)
- CASTRO, A. F. & OLIVEIRA, E. S. G., *Nativos digitais: novos desafios à escola e ao trabalho docente*. XI Encontro Internacional Virtual Educa, Santo Domingo, República Dominicana, jun./2010.
- CATANIA, A. Charles. *Aprendizagem: comportamento, linguagem e cognição*. Trad. Deisy das Gracias de Souza [et al.], 4ª ed. Porto Alegre. Artes Medicas, 1999.
- CHEVALLARD, Yves. *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Aique, 3ª Ed., Argentina, 1998.

- CHIARELLI, Rogério Avila. *Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: è possível abordar conceitos de Mecânica Quântica*, UFRGS, Porto Alegre, 2006
- CHIAVENATO, Idalberto. *Teoria Geral da Administração*. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1979.
- COLL, Cesar *et al.* *O Construtivismo na sala de aula*. Editora Ática, 1996.
- DANGWAL, R. & THOUNAOJAM M. *Self Regulatory Behaviour and Minimally Invasive (MIE) Education: A Case study in the Indian Context*. International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT), v. 7, Issue 1, pp. 120-140, 2011.
- DINIZ-PEREIRA, Júlio Emílio. *Formação docente nos Estados Unidos: aliança conservadora e seus conflitos na atual reforma educacional norte-americana*. Educação & Sociedade, v. 29, nº 102, p.233-252, jan./abr. 2008.
- DRIVER, R. *Students' conceptions and the learning of science*. International Journal of Science Education, v.11, n.5, p. 481-490, 1989.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F. & SCOTT, P. *Constructing Scientific Knowledge in the Classroom*. Educational Researcher, v. 23, n.7, p.5-12, 1994(b).
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. & WOOD-ROBINSON, V. *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. London U.K.: Routledge, 1994(a).
- DUARTE, Newton. *Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Lúria)*. Educação & Sociedade, v. 24, nº 83, p.601-625, Campinas, ago. 2003.
- DUIT, R. *Research on students' conceptions: developments and trends*. In: Proceedings of the 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. NewYork: Cornell University. 1996.
- EINSTEIN, A. *Notas autobiográficas*. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, pp. 25-26, 1982. In: ZANETIC, J. *Física e Cultura*. Ciência e Cultura, v. 57, nº 3, pp. 21-24, jul/set 2005.
- FERNANDEZ, Carmen. *Revisitando a Base de Conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Professores de Ciências*. Revista Ensaio, Belo Horizonte/MG, v.17, n. 2, pp. 500-528,, 2015.
- FEYNMAN, Richard P. *Feynman Lectures on Physics*, vol. 1, pp. 1-2, jun/1963.
- FIorentini, D. ; SOUZA JUNIOR, A. J. ; MELO, G. F. A. DE . *Saberes Docentes: um desafio para acadêmicos e práticos*. In: GERALDI, Corinta M. G.; FIORENTINI, Dario;

- PEREIRA, Elisabete M. A.. (Org.). *Saberes Docentes: um desafio para acadêmicos e práticos*. Campinas: Mercado das Letras, v. 1, p. 307-335, 1998.
- FONTE BOA, M. C., *Examinando os saberes da experiência: um estudo de caso no ensino de Física de nível médio*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, UFF-RJ, 2008.
- FONTE BOA, M. C., *Uma Nova Perspectiva Curricular para o Ensino de Física no Nível Básico*. Pré-projeto de pesquisa apresentado para ingresso no doutorado. PEMAT, UFRJ, 2015
- FRANCO, Maria Amélia Santoro. *Entre a lógica da formação e a lógica das práticas: a mediação dos saberes pedagógicos*. Educação e Pesquisa, v. 34, nº 1, pp. 109-126, jan./abr. 2008.
- GABRIEL, Carmem T. *O conceito de historia ensinada: entre a razão pedagógica e a razão histórica*. In: CANDAU, Vera (org.) *Reinventar a escola*. Petrópolis, Vozes, 2000.
- GARDNER, Howard. *The mind's new science: a history of cognitive revolution*. Nova York, Basic Books, 1986.
- GARDNER, Howard. *Inteligências Múltiplas: A Teoria na Prática*. [trad. Maria A. V. Veronese], Porto Alegre, Artes Médicas, 1995.
- GAUTHIER, Clemont, MARTINEAU, Stéphane, DESBIEN, Jean-François, MALO, Annie e SIMARD, Denis. *Por uma teoria na pedagogia: Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Trad. Francisco Pereira. Ijuí. Ed. Unijuí, 1998.
- GERALDI, Corinta Maria Grisolia, FIORENTINI, Dario e PEREIRA, Elisabete de A. *Cartografias do trabalho docente*. Campinas: Ed. Mercado das Letras e ALB, 1998.
- GIACOMINI, Alexandre & MUENCHEN, Cristiane. *Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 15, n. 2, 2015.
- GIL, D. & SOLBES, J. *The introduction of modern physics overcoming a deformed vision of science*. International Journal of Science Education, London, v. 15, n. 3, pp. 255-60, 1993.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J. & MARTINEZ, F. *Una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. In: PERALES, F. J. e CAÑAL, P. de. *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoy/Espanha: Marfil, p. 11-34, 2000.
- GIL-PÉREZ, D.. *Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas*. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, p.154-164, 1994.
- GOLDBERG, F., OTERO, V., ROBINSON, S. *Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking*. American Journal of Physics, 78 (12), pp. 1265-1277, 2010.

- GONÇALVES, Pedro Wagner. *Questões relativas à história e educação em ciências. Filosofia e Ensino em Ciências (notas de aula)*. Instituto de Geociências, Unicamp, SP, mar/2006.
- GONÇALVES, Pedro Wagner. *Questões relativas à História e Educação em Ciências*. Notas de aula da disciplina: EH003 Filosofia e Ensino em Ciências. EC790 Tópicos Especiais em Ensino de Ciências da Natureza. Pós-Graduação da Geociências. UNICAMP. SP. 2006. <https://www.yumpu.com/pt/document/view/24196521/questoes-relativas-a-historia-e-educacao-em-ciencias-pedro-> (acesso dez/2017)
- GONDIM, Janedalva P. & PEREIRA, Jocilene Gordiano L. T. (Org.). *Construindo saberes: articulando as práxis pedagógicas na sala de aula*. 1ª ed. Juazeiro, RESAB -PRINTEX, 2012.
- GRECA, I. M. & MOREIRA, M. A., *Uma Revisão da Literatura sobre Estudos Relativos ao Ensino da Mecânica Quântica Introdutória*. Investigações em Ensino de Ciências, v.6, n.1, pp.29-56, 2001.
- GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. e HERSCOVITZ, V. E., *Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.23, n. 4, 2001.
- GROSSMAN, P. L. *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, 1990.
- GUIMARÃES, L. A. M. & FONTE BOA, M. C. *Física (para o Ensino Médio)*. Coleção em três volumes. Galera Hiperídia Editora e Distribuidora Ltda., Niterói, RJ, edição de 2005.
- GUIMARÃES, Luiz Alberto M., *“Concepções Prévias” x “Concepções Oficiais” na Física do 2º grau*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, UFF-RJ, 1987.
- HEISENBERG, Werner, *Física e Filosofia*. Coleção Pensamento Científico. Editora Universidade de Brasília. DF, 1981.
- ISLAS, Stella M. y PESA, Marta A. *Futuros Docentes y Futuros Investigadores se Expresan sobre el Modelado en Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 3, pp. 319-328, set/2001.
- JAPIASSÚ, Hilton & MARCONDES, Danilo. *Dicionário básico de filosofia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.
- JAPIASSÚ, Hilton. *Introdução ao pensamento epistemológico*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.
- KIND, Vanessa. *Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress*. Studies in Science Education, v.45 n. 2, pp. 169-204, 2009. DOI: 10.1080/03057260903142285

- LARROSA, Jorge. *Notas sobre a experiência e o saber da experiência*. Revista Brasileira de Educação, n.19, p. 20-28, jan/abr, 2002.
- LEINHARDT, G., & GREENO. J. G. *The cognitive skill of teaching*. Journal of Educational Psychology, vol. 78, no 2, p. 75-95, apr./1986.
- LIBANORE, Ana Cristina Leandro da Silva, *As concepções alternativas de alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre o fenômeno do efeito estufa*, Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, 2007.
- LOBO, Luiz Carlos. *O aprendizado dos alunos e nosso sistema educacional*, Valor Econômico de 12/03/2014. <http://www.valor.com.br/opiniaio/3475736/o-aprendizado-dos-alunos-e-nosso-sistema-educacional>. (acesso mar/2015)
- LOPES, A. R. C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- LÜDKE, Menga & ANDRÉ, Marli E. D. A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária Ltda., 1986.
- MAIA, Carlos Alvarez. *Magic vs. Science in the Historiography of Science: The Social-Historical Construction of Rationality*, Transversal: International Journal for the Historiography of Science, pp. 03-25, 3 (december) 2017.
- MARQUES, Deividi Marcio & CALUZI, João José. *Contribuições da História da Ciência no Ensino de Ciências: Alternativa de inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*, Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VII Congreso, 2005.
- MARQUES, Ramiro. *A Pedagogia de Jerome Bruner*. Disponível via internet na URL http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A%20Pedagogia%20de%20JeromeBruner.pdf (acesso jan/2020)
- MATTOS, Cristiano et ali. *Pesquisa em ensino de física. Passado, presente e futuro de um campo interdisciplinar do conhecimento*. in *SBF: 50 anos (1996-2016)*. pp. 67-71, 2016. <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf> (acesso nov/2107).
- MENDES, R. *O papel da escola na Educação Ambiental: experiências e perspectivas de professores*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- MINAYO, M. C. *Pesquisa Social: teoria, método e criatividade*. São Paulo: Cortez, 1994. In: ARAÚJO, Vânia Rita Donadio. *Repensando práticas em educação ambiental: experiências e saberes de professoras das séries iniciais do ensino fundamental no Município de Teixeira de Freitas, Bahia*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, UFF, Niterói/RJ, 2005.

- MITRA, Sugata. *Case Study: The hole in the wall or minimally invasive education in ICT4D: Information and Communication Technology for Development*. Cambridge University Press, 2009.
- MONTEIRO, Ana Maria F. da Costa. *Professores de História: entre saberes e práticas*. Rio de Janeiro, Mauad X, 2007.
- MONTEIRO, Ana Maria F. da Costa. *Professores: entre saberes e práticas*. Educação & Sociedade, Campinas: CEDES, n. 74, p. 121-142, 2001.
- MONTEIRO, Ana Maria Ferreira da Costa. *A prática de ensino e a produção de saberes na escola*. In: CANDAU, V. M. (org.). *Didática, currículo e saberes escolares*. Rio de Janeiro: DP&A, p. 129-147, 2002.
- MOREIRA, I. C. & PAIVA, M. C., *Feynman e o ensino de ciências no Brasil*. Física na Escola, v. 14, n. 1, SBF, 2016.
- MOREIRA, M. A. *Ensino de Física no Brasil: retrospectivas e perspectivas*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, pp. 94-99, mar/2000. <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a13.pdf> (acesso jan/2018)
- MOREIRA, M. A., *Teorias de Aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária. São Paulo, 1999
- MORINE-DERSHIMER, G. & KENT, T. *The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge*. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N.G. (Eds.) *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 21-50.
- MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?* Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n. 1, pp. 20-39. 1996. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm> (acesso dez/2017)
- NARDI, Roberto e ALMEIDA, Maria J. P. M. *A Constituição da Área de Ensino de Ciências no Brasil: Memórias de Pesquisadores*. VII Congreso, Enseñanza de las Ciencias, 2005.
- NARDI, Roberto. *Memórias da Educação em Ciências no Brasil: A Pesquisa Ensino de Física*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.
- NUNES, Célia Maria Fernandes. *Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira*. Educação & Sociedade, v. 22, nº 74, p. 27-42, abr/2001.
- NUSSBAUM, J. *Classroom conceptual change: philosophical perspectives*. International Journal of Science Education, v.11, n.5, p. 530-540, 1989.

- OSTERMANN, F. & MOREIRA, M. A. *Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio"*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n.1, p. 23-48, 2000.
- OSTERMANN, F. & MOREIRA, M. A. *Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio"*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, mar. 2001.
- OSTERMANN, F. & RICCI, T. S. F., *Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: Um Estudo na Formação de Professores de Física*. Ciência & Educação, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.
- OSTERMANN, Fernanda e CAVALCANTI, Cláudio J. H. *Teorias de Aprendizagem*. Porto Alegre, Evangraf, UFRGS, 2011. http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes/1/pdf/Teorias_de_Aprendizagem.pdf
- PARISOTO, Maria Fernanda. *O ensino de conceitos do Eletromagnetismo, óptica, ondas e física moderna e contemporânea através de situações na Medicina*, IF, Porto Alegre, 2011
- PEREIRA, A. P. & OSTERMANN, F., *Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma Revisão da Produção Acadêmica Recente*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, n.3, pp. 393-420, 2009.
- PERRENOUD, Philippe. *La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences*. Revue des sciences de l'éducation (Montréal), v. XXIV, n° 3, p.487-514, 1998. http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1_998/1998_26.html (acesso 30/03/2008).
- PFUNDT, H. & DUIT, R. (Eds.). *Bibliography: Students alternative frameworks and science education*. 5th Ed. Kiel, Germany: Institute for Science Education, 1998. (distribuição eletrônica), 1998
- PIMENTA, Alexandre Marinho; LOPES, Carlos. *Habitus professoral na sala de aula virtual*. Educ. rev., Belo Horizonte, v. 30, n. 3, p. 267-289, set/2014
- PIMENTA, S. G. & GHEDIN, E. (Orgs.). *Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo: Cortez, 2002.
- PIMENTA, Selma Garrido. *Formação de professores: identidades e saberes da docência*. In: PIMENTA, Selma Garrido. (org.). *Saberes pedagógicos e atividades docentes*. São Paulo: Cortez, 2002.
- PORLÁN, R. & RIVERO, A. *El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada Editora S.L., 1998.

- PORLÁN, R. La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente. Cuadernos de Pedagogía, 1993.
- PORLÁN, R., GARCÍA, R. A., MARTÍN DEL POZO, R. *Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores. In: Teoría, métodos e instrumentos*. Enseñanza de las Ciencias, n.15, v.2, p. 155-171, 1997.
- PRIMI, Ricardo. *Inteligência: avanços nos modelos teóricos e nos instrumentos de medida*. Avaliação Psicológica, v.2, n.1, pp. 67-77, 2003. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/avp/v2n1/v2n1a08.pdf>. (acesso jul/2018)
- QUEIRÓZ, Glória Regina Pessoa Campello y BARBOSA-LIMA, Maria da Conceição Almeida. *Conhecimento científico, seu ensino e aprendizagem: atualidade do construtivismo*. Ciênc. Educ. (Bauru), v.13, nº 3, p. 273-291, sep./dic. 2007.
- QUEIRÓZ, Glória Regina Pessoa Campello. *Processos de formação de professores artistas-reflexivos de física*. Educação & Sociedade, v. 22, nº 74, p. 97-119, abr. 2001.
- QUEIRÓZ, Glória Regina Pessoa Campello. *Professores artistas-reflexivos de Física no ensino médio*. Tese de Doutorado em Educação Brasileira, PUC/RJ, Rio de Janeiro, ago, 2000.
- ROCHA, C. R., HERSCOVITZ, V. E. e MOREIRA, M. A., *O Ensino de Mecânica Quântica sob uma Perspectiva dos Referenciais Teóricos da Aprendizagem Significativa e dos Campos Conceituais*. Painel: *Física Moderna e Contemporânea e a Atualização Curricular*, SNEF, 2009.
- ROMANOWSKI, Joana Paulin. *Aprender: indicações da prática docente*. Painel: *Aprender, Ensinar, Avaliar*. XIII Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. UFPE. Recife, Pernambuco, 2006.
- ROSENFELD, Rogério. *A Cosmologia*. A Física na Escola, v. 6, n.1, pp. 31-37, 2005, <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/cosmologia.pdf>. (acesso jul/2018)
- ROSS, Michael J. *Challenging Traditional Assumptions of High School Science through the Physics and Everyday Thinking Curriculum™*. Tese de Doutorado em Ensino de Física defendida em Boulder, University of Colorado, 2013.
- SALAZAR, S. F. *El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente*. Actualidades investigativas en educación, Costa Rica, v. 5, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://revista.inie.ucr.ac.cr/>>. Acesso em: 2 jun. 2014
- SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos & PIETROCOLA, Maurício. *Construtivismo: Perspectiva Contemporânea de Pesquisa em Ensino de Ciências*. In: *V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*, Águas de Lindóia. São Paulo: SBF, 1996.

- SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. *Do Ensino de Ciências como mudança conceitual à fronteira de uma abordagem afetiva*. Dissertação de Mestrado. Prog. Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996
- SBF: 50 anos (1996-2016)**. pp. 67-71, 2016. <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf>, (acesso nov/2107).
- SCHÖN, D. *Formar professores como profissionais reflexivos*. In: NÓVOA, A. (org.). *Os professores e sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992.
- SHAW, Gisele & NÓBREGA, Luciana & GORDIANO, Jocilene & SOUZA, Rosangela & SODRÉ, Euriclésio & PONTES, Janedalva. *Construindo saberes: articulando as práxis pedagógicas na sala de aula*. Juazeiro, BA: Selo Editorial RESAB; Printpex, 205p., 2012.
- SHULMAN, Lee S. *Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. Profesorado*. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, Granada, España, v.9, n.2, pp.1-30, 2005.
- SHULMAN, Lee S. *Knowledge and teaching: foundations of the new reform*. Harvard Educational Review, n. 57, pp. 1-11, 1987.
- SHULMAN, Lee S. *Knowledge and teaching: foundations of the new reform*. Harvard Educational Review, n. 57, pp. 1-11, 1987. (Copyright by the President and Fellows of Harvard College). Traduzido e publicado com autorização. Tradução de Leda Beck, cadernoscenpec, São Paulo, v.4, n.2, p.196-229, dez. 2014.
- SHULMAN, Lee S. *Those who understand: Knowledge growth in teaching*. Education Researcher, v. 15, n. 2, pp. 4-14, 1986.
- SILVA, Marilda da. *Habitus professoral e Habitus estudantil: uma proposição acerca da formação de professores*. Educ. rev., Belo Horizonte, v. 27, n. 3, p.335-359, dez/2011.
- SILVA, Marilda da. *O habitus professoral: o objeto dos estudos sobre o ato de ensinar na sala de aula*. Rev. Bras. Educ., Rio de Janeiro, n. 29, p. 152-163, ago/2005.
- SOLOMON, J. *The Rise and Fall of Constructivism. Studies in Science Education*, v. 23, p. 1-19, 1994. In: SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos & PIETROCOLA, Maurício. *Construtivismo: Perspectiva Contemporânea de Pesquisa em Ensino de Ciências*. 1996.
- STAMOVLASIS, D.; TSITSIPIS, G and PAPAGEORGIU, G. *The effect of logical thinking and two cognitive styles on understanding the structure of matter: an analysis with the random walk method*. Chemistry Education Research and Practice, DOI: 10.1039/C005466F, v.11, n.3, p.173-181, 2010.
- STUDART, Nelson. *Citações de Einstein*. A Física na Escola, v.6, n.1, p102, SBF, 2005, <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol06-Num1/citacoes1.pdf>. (acesso jul/2019)

- TARDIF, Maurice & RAYMOND, Danielle. *Saberes, tempo e aprendizagem do trabalho no magistério*. Educação & Sociedade, ano XXI, nº 73, p. 209-244, Dezembro/2000.
- TARDIF, Maurice e OUELLET, Elizabeth. *Os saberes profissionais e de experiência docente: apresentação de uma estratégia de pesquisa*. Trad. Jacques Therrien. Fortaleza: UFC (digit.), 1994.
- TARDIF, Maurice, LESSARD, Claude & LAHAYE, Louise. *Les enseignants des ordres d'enseignement primaire et secondaire face aux savoirs. Esquisse d'une problématique du savoir enseignant*. Sociologie et Sociétés, v. 23, n. 1, p. 55-70, 1991.
- TARDIF, Maurice. & LESSARD, Claude. *O trabalho docente*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2005.
- TARDIF, Maurice. *As concepções do saber dos professores de acordo com diferentes tradições teóricas e intelectuais*. Xerox de texto utilizado em curso dado pelo autor no Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC. Rio de Janeiro: 2000b.
- TARDIF, Maurice. *Saberes docentes e formação profissional*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2002.
- TARDIF, Maurice. *Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: Elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério*. Revista Brasileira de Educação, nº 13, p.5-24, Jan/Fev/Mar/Abr, 2000a.
- TOCHON, Francois Victor. *Entre didactique et pédagogie: épistémologie de l'espace / temps stratégique*, The Journal of Educational Thought, v. 25, n 2, p. 120-133, 1991b. apud. GAUTHIER, Clemont, MARTINEAU, Stéphane, DESBIEN, Jean-François, MALO, Annie e SIMARD, Denis. *Por uma teoria na pedagogia: Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Trad. Francisco Pereira. Ijuí. Ed. Unijuí, 1998.
- TOCHON, Francois Victor. *L'enseignement stratégique – Transformation pragmatique de la connaissance dans la pensée des enseignants*. Toulouse, France: Editions Universitaires du Sud (South University Press), 1991a. apud. GAUTHIER, Clemont, MARTINEAU, Stéphane, DESBIEN, Jean-François, MALO, Annie e SIMARD, Denis. *Por uma teoria na pedagogia: Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Trad. Francisco Pereira. Ijuí. Ed. Unijuí, 1998.
- TOWNSEND, Cristina Bandeira & TOMAZZETI, Elisete Medianeira. *A mobilização de saberes nas práticas de professores nos anos iniciais: um estudo de caso*. Educar em Revista, Curitiba , n. 29, p. 207-221, 2007.
- UEBCEN. *Projeto Político Pedagógico da Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói*. Niterói, set./2017.

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Ensino de física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992)*. Instituto de Física. São Paulo, 1992.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Ensino de física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1993-1995)*. Instituto de Física. São Paulo, 1996.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1996-2006)*. Instituto de Física. São Paulo, 2009.
- VARGAS, Rodrigo. *O efeito Hawthorne e a produtividade nas organizações*, publicado por <https://gestaointustrial.com/o-efeito-hawthorne-e-a-produtividade-nas-organizacoes/>, em 27/03/2018 (acessado em 10/12/2022)
- VIDEIRA, A. A. P., *A física no Brasil de 1934 a 1966. Dos alicerces da pesquisa à congregação da comunidade em uma sociedade*. in *SBF: 50 anos (1996-2016)*, pp. 8-15, 2016. <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf> (acesso out/2017).
- VILAR, Edna Telma Fonseca e Silva. *Re-significando o saber-fazer/dizer da prática pedagógica de professoras ao ensinar Geografia às crianças do 2o. ciclo*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2003.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A.; FREITAS, D. *Formação de professor de ciência no Brasil: tarefa impossível?* In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 8, 2002, Anais. Águas de Lindóia, 2002. CD ROM.
- VILLANI, Alberto. *Considerações sobre a Pesquisa em Ensino de Ciência - I. A Interdisciplinaridade*. Revista de Ensino de Física, v. 3, nº 4, p. 68-88, 1981.
- VILLANI, Alberto. *Considerações sobre a Pesquisa em Ensino de Ciência - II. Seus Problemas e suas Perspectivas*. Revista de Ensino de Física, v. 4, nº 1, p. 125-150, 1982.
- WESTPHAL, Murilo e PINHEIRO, Thais Cristine. *A Epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o Ensino de Ciências*. Ciência & Educação, v. 10, n. 3, pp. 585-596, 2004.
- WILSON, S. M. SHULMAN, L. S. RICHERT A. E. (1987). *'150 Different Ways' of Knowing: Representations of Knowledge in Teaching*. In J. Calderhead (dir.) *Exploring Teachers' Thinking*, p. 104-117, London (G. B.): Cassell, 1987. apud. GAUTHIER, Clemon, MARTINEAU, Stéphane, DESBIEN, Jean-François, MALO, Annie e SIMARD, Denis. *Por uma teoria na pedagogia: Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Trad. Francisco Pereira. Ijuí. Ed. Unijuí, 1998.
- ZABALA, Antoni. *Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

ZANETIC, João. *Física e Cultura*. Ciência e Cultura, v. 57, nº 3, p.21-24, jul/set 2005.

ZANOTELLO, Marcelo & FAGUNDES, Maria Beatriz, *Ensino de Física Moderna e Contemporânea: análise de uma disciplina na educação superior*, Rio Claro, SP, Educação: teoria e prática, v. 22, n. 40, mai-ago/2012.

ANEXO A

IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES

A.1. AS ESCOLAS

As escolas participantes do edital do PIBID à época desta pesquisa, ambas situadas na cidade de Niterói/RJ, foram:

Escola 1, o Colégio Estadual Joaquim Távora, também conhecido como **CEJOTA**, situado na Praça Prefeito Ferraz (ou Campo de São Bento), s/n – Icaraí, Niterói – RJ, 24220-000;

Escola 2, o Colégio Estadual Matemático Joaquim Gomes de Sousa, também conhecido como Intercultural Brasil-China, ou simplesmente **Brasil-China**, situado na Av. Prof. Silvio Picanço (Morro do Preventório), s/n – Charitas, Niterói – RJ, 24370-001.

A.2. AS TURMAS E PROFESSORES-SUPERVISORES

As turmas selecionadas para serem acompanhadas pelos pibidianos, em ambas as instituições, pertenciam a uma das três séries do Ensino Médio. Todas sob a regência de um dos respectivos Professores-Supervisores.

Na **escola 1**, sob a regência e supervisão do Prof. José Roberto Sá;

Na **escola 2**, sob a regência e supervisão do Prof. Daniel Fernandes de Moraes.

A.3. OS PIBIDIANOS

O grupo de Licenciandos em Física da Universidade Federal Fluminense (UFF) participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), simplificada e denominada **pibidianos**, que participou de nossa pesquisa era composto por dezesseis integrantes. Ao longo dessa investigação ocorreram algumas substituições, sendo que cada pibidiano está referenciado ao longo do texto através do código que antecede seu nome na relação a seguir:

Pibid01: Daniel Duarte, à época com 21 anos.

Pibid02: Daniel Gomes da Silva, à época com 20 anos.

Pibid03: Daniella Rodrigues Murizine Branco*

Pibid04: Helena Silva Gurgel do Amaral, à época com 19 anos

Pibid05: Jamila Bunmi Bernardo Vidal, à época com 19 anos

Pibid06: José Pedro Senna*

Pibid07: Lara Porto Schaeffer Freitas, à época com 21 anos

Pibid08: Lituânia Gomes de Oliveira, à época com 23 anos;

Pibid09: Lucas Cordeiro Romão, à época com 21 anos

Pibid10: Marcelo Felipe Amorim de Souza, 20 anos

Pibid11: Paulo Victor Coutinho Barbosa, à época com 25 anos

Pibid12: Pedro Henrique Burnier Werneck, à época com 26 anos

Pibid13: Rodrigo José Silvério da Cunha, à época com 25 anos

Pibid14: Sara Monteiro de Oliveira*

Pibid15: Shatye Carolina de Aguiar Praça, à época com 28 anos

Pibid16: Thaís Cristini de Souza Aragão, à época com 19 anos;

Pibid17: Victor Cunha Fernandes*

Pibid18: Tayná Martins Dias*

(*) Pibidianos cujas idades não conseguimos confirmar.

ANEXO B

TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

B.1. TERMOS

Neste anexo copiamos os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido dos participantes de nossa investigação. Por simplicidade, a primeira página (igual para todos) fica registrada abaixo, seguida das páginas com as respectivas autorizações:

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Aprovado no CEP-HUCFF

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado colaborador,

Você está sendo convidado a participar da pesquisa vinculada à tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ensino e História da Matemática e da Física, que eu, Marcelo Cordeiro Fonte Boa¹, estou cursando, e que tem como objetivo de analisar/entender a influência da transmissão de Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo no Ensino de Física sobre a atuação do professor em formação participante do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) junto aos alunos e Professores-Supervisores em turmas de Ensino Médio de duas escolas da Rede Pública de Ensino de Niterói. Para tanto, além do acompanhamento em campo, planejo a realização de entrevistas semiestruturadas, para as quais gostaria de contar com a sua participação. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF/FM/UFRJ, R. Prof. Rodolpho Paulo Rocco, n.º 255, Cidade Universitária/Ilha do Fundão, 7ª andar, Ala E - pelo telefone 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas, ou por meio do e-mail: cep@hucff.ufrj.br. Se você tiver alguma dúvida em relação ao estudo antes ou durante seu desenvolvimento, ou desistir de fazer parte dele, poderá entrar em contato comigo pessoalmente, pelo e-mail fonteboa@if.ufrj.br, ou através do telefone (21) 99697-2929, a qualquer momento. Você pode me encontrar ainda no Centrinho – Unidade de Educação Básica do Centro Educacional de Niterói, localizado na Rua Itaguaí, 173 no bairro Pé Pequeno, Niterói/RJ, onde atuo como Diretor Acadêmico. Se você estiver de acordo em participar, posso garantir que as informações fornecidas serão confidenciais, sendo que o nome do/a participante não será utilizado em nenhum momento a menos que seja em comum acordo com você. As informações coletadas poderão ser utilizadas em publicações como livros, periódicos ou divulgação em eventos científicos. Caso você se sinta incomodado(a) em qualquer etapa da pesquisa ou por alguma pergunta que você não queira responder, você poderá entrar em contato comigo, para que possamos solucionar o problema. Você pode desistir de participar da pesquisa a qualquer instante sem qualquer penalização. Este termo de compromisso é o seu documento que comprova que me comprometo a preservar seus dados e a sua integridade durante a pesquisa. Você terá garantido o seu direito a buscar indenização por danos decorrentes da pesquisa (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens IV.3 e V.7; e Código Civil, Lei 10.406 de 2002, artigos 927 a 954, Capítulos I, "Da Obrigação de Indenizar", e II, "Da Indenização", Título IX, "Da Responsabilidade Civil"). Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é emitido em duas vias, que serão rubricadas e assinadas por você, participante da pesquisa, e por mim, pesquisador responsável, sendo que uma destas cópias permanecerá com você.

Atenciosamente,



Marcelo Cordeiro Fonte Boa

¹ Dados pessoais do autor retirados para preservar sua privacidade

**OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: A MAIORIA DESSES TERMOS NÃO CONSEGUIMOS RECUPERAR,
PORTANTO FORAM REFEITOS RECENTEMENTE, DAÍ AS DATAS DIVERSAS.**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Daniel do Couto D. Grima

Assinatura do participante da pesquisa: Daniel C. D. Grima

Data: 02/02/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa


Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação


Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Daniel Gomes da Silva

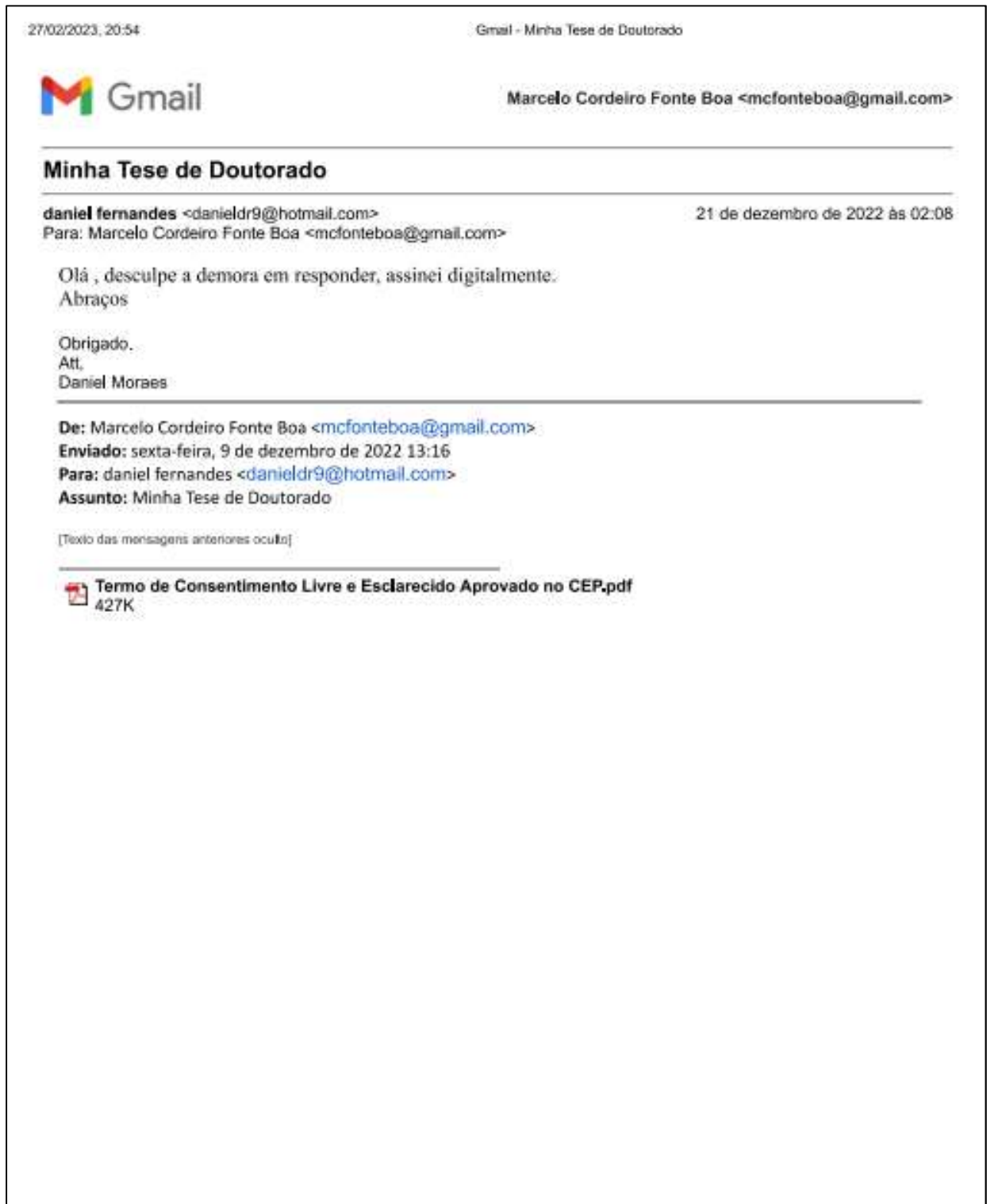
Assinatura do participante da pesquisa: 

Data: 28/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: 

Data: 28/01/2019



OBS: Não consegui imprimir o PDF com a assinatura digital, mas está aqui registrado o Consentimento.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Helena Silva Gurgel do Amaral

Assinatura do participante da pesquisa: Helena S G Amaral

Data: 28/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA
MATEMÁTICA E DA FÍSICA TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa:

Jairia Buzoni Carneiro Vidal

Assinatura do participante da pesquisa:

Jairia Buzoni Carneiro Vidal

Data: 28/01/2019

Nome do Pesquisador: M

Mafalda Alves Fátima Bar

Assinatura pesquisador: _____

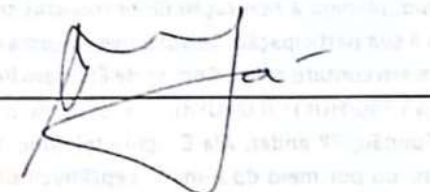
Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: JOSE ROBERTO DE SA

Assinatura do participante da pesquisa: 

Data: _____

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: 

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA
FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Lara Porto Schaeffer Freitas

Assinatura do participante da pesquisa: Lara Porto S. Freitas

Data: 23/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Leituanina Gomes de Oliveira

Assinatura do participante da pesquisa: Leituanina G. Oliveira

Data: 29/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa


Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Lucas Cordeiro Romão

Assinatura do participante da pesquisa: 

Data: 30/01/2028

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: 

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Paulo Victor Coutinho Barbosa

Assinatura do participante da pesquisa: Paulo Victor Coutinho Barbosa

Data: 27/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: PEDRO HENRIQUE BURNIER WERVECK

Assinatura do participante da pesquisa: Pedro Henrique B. Werveck

Data: 16 de Dezembro de 2022

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA
FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Pedro José Silveira da Cunha

Assinatura do participante da pesquisa: Pedro José Silveira da Cunha

Data: 27/01/2023 Niterói, RJ

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: SHATYE CAROLINA DE AGUIAR PRACA

Assinatura do participante da pesquisa: Shatye Carolina de J. Praca

Data: 28/01/2019

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA
FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-informação

Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Thais Cristine de Souza Aragão

Assinatura do participante da pesquisa: Thais Cristine de Souza Aragão

Data: 27/01/2023

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Data: 28/01/2019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento Pós-Informação


Declaro que li e concordo em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa: Thayni Martins Diano

Assinatura do participante da pesquisa: 

Data: 04.02.22

Nome do Pesquisador: Marcelo Cordeiro Fonte Boa

Assinatura pesquisador: 

Data: 28/01/2019

ANEXO C


EVOLUÇÃO DAS IDEIAS SOBRE A RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO

ESSE É O CAPÍTULO 9 DO LIVRO DE MECÂNICA DA COLEÇÃO FÍSICA DE NOSSA AUTORIA

A evolução das ideias Capítulo 9

I. INTRODUÇÃO


Nas duas primeiras unidades deste livro, analisamos separadamente os movimentos e as forças. A partir de agora, estaremos estudando a **dinâmica**, que é a parte da mecânica dedicada à análise da **relação entre força e movimento**. Neste capítulo, apresentaremos as linhas gerais da evolução, desde a Grécia Antiga até o século XVII, das principais ideias sobre os movimentos e suas causas (as forças).



Isaac Newton, que foi, no século XVII, um dos principais formuladores da dinâmica, disse certa vez que:

* - Se pude ver mais longe foi porque me apoiel nos ombros de gigantes.*

Essa frase, por si só, já justificaria esse capítulo, dedicado a uma retrospectiva histórica. Mas há também um outro objetivo, talvez ainda mais importante, nessa volta ao passado: embora as bases da dinâmica que hoje aceitamos como válida tenham surgido no século XVII, as teorias gregas, assim como as que surgiram na Idade Média, são muito parecidas com as ideias de pessoas que, como você, estão iniciando o estudo da dinâmica. Conhecê-las e compará-las com o que você pensa será de grande ajuda para a compreensão das descobertas dos cientistas que desenvolveram os fundamentos do que hoje chamamos de **Mecânica Clássica**.



II. A FÍSICA NA GRÉCIA ANTIGA

II.1. O "movimento quanto ao lugar"


Para os filósofos gregos, o conceito de movimento era muito mais amplo do que lhe é atribuído hoje pela Física (para a qual movimento significa "mudança de lugar, de posição"). Ele abrangia vários tipos de mudança e de evolução, como por exemplo a lenta transformação da semente em árvore adulta, o recém-nascido que, ao longo dos anos, torna-se um indivíduo maduro e mesmo o ignorante que, com muito estudo, pode se transformar num sábio. É em Aristóteles (384–324 a.C.) que vamos encontrar as bases e as primeiras teorias acerca do movimento físico, que ele denominava o "movimento quanto ao lugar".

A obra de Aristóteles é imensa. Escreveu tratados de Política, História, Biologia, Física e Ética, entre outros. Vamos nos limitar aos aspectos de sua obra relativos à questão do movimento físico. Começemos por sua visão do Universo, pois ela é fundamental para que você compreenda, mais adiante, suas "leis do movimento" (as citações em itálico são fragmentos de algumas de suas obras tais como *Física*, *Dos Céus*, *Da Corrupção e Da Geração* e *Meteorologia*).

II.2. Sobre a ordenação do mundo

a) O Universo aristotélico é esférico, finito, cheio, tendo como limite a esfera do Céu, onde estão localizadas as estrelas. *"Não pode existir lugar, nem vácuo, nem tempo, fora do Céu."*


b) Segundo Aristóteles, o Universo tem a seguinte constituição (acompanhe pela figura):



Aristóteles

Capítulo 9 A evolução das ideias FORÇA E MOVIMENTO


126



– no centro do Universo a Terra, esférica e imóvel (é o chamado modelo geocêntrico do Universo);


– a seguir a Lua, girando em torno da Terra;

– da "esfera" da Lua até as estrelas, as esferas de Vênus, Mercúrio, Sol, Marte, Júpiter e Saturno (planetas conhecidos à época), e mais uma série de esferas intermediárias que fornecem as ligações necessárias para os movimentos desses astros.



A esfera da Lua divide o Universo em "dois mundos", completamente diferentes entre si na constituição e nos movimentos observados:

- entre a Terra e a Lua, o "mundo sublunar", mutável e imperfeito;
- da esfera da Lua (inclusive) até a esfera das estrelas, "o mundo celeste" (o "Céu"), eterno e perfeito; as "leis" desse mundo celeste não são as mesmas que as do mundo sublunar.



II.3. Sobre a constituição do universo

a) O Céu é feito de **éter**, substância de origem divina, eterna e imperecível: *"existe na Natureza uma substância diferente das que conhecemos... e a glória superior de sua natureza é proporcional à distância que a separa do nosso mundo"*.

b) O mundo sublunar é constituído de quatro elementos: **terra, água, ar e fogo**, substâncias que nada têm a ver com o éter, pois são perecíveis e estão em constantes mudanças. Todos os corpos, no mundo sublunar, estão constituídos por algum desses elementos, ou por uma combinação deles.

c) Há uma **ordem natural** na disposição desses quatro elementos básicos do mundo sublunar: a terra embaixo, depois a água, o ar e finalmente o fogo: *"O fogo não tem nenhum peso, nem a terra nenhuma leveza..."*. Essa **ordem natural** irá justificar os **movimentos naturais**, como veremos adiante.

d) Não só no mundo sublunar, como também no mundo celeste, **não há lugar para o vácuo**: o Universo é "cheio", e a impossibilidade do vácuo está diretamente ligada à questão dos movimentos, como veremos a seguir.

Exercício 1
O Universo, para Aristóteles, *"é esférico, finito e cheio... não pode existir lugar, nem vácuo, nem tempo, fora do limite do Universo"*. E você, que ideia tem do Universo?

Exercício 2
Na ordenação aristotélica do Mundo, a Terra seria o centro imóvel, em torno da qual girariam a Lua, o Sol, os planetas e as estrelas (estas últimas, todas a uma mesma distância da Terra, na esfera celeste).

a) Quais os planetas que você conhece hoje e que os gregos não conheciam? Quais são visíveis a olho nu?

b) Você acha, como os antigos gregos, que todas as estrelas estão à mesma distância da Terra? Se acha que não, qual a mais próxima da Terra (excetuando o Sol, que também é uma estrela)? A que distância da Terra se encontram as estrelas mais afastadas, conhecidas hoje?

c) A Terra é mesmo imóvel, ou será que ela se move? Se ela se move, que movimento ela tem?

FORÇA E MOVIMENTO **A evolução das ideias**
127 **Capítulo 9**

Exercício 3
Para Aristóteles, o mundo sublunar seria feito de quatro "elementos fundamentais".
a) Quais seriam esses elementos? Possuiriam alguma "ordem especial"?
b) Na visão atomista da Química moderna, quantos são, aproximadamente, os "elementos fundamentais"? Cite alguns dos mais abundantes na Terra.

Exercício 4
Aristóteles não admitia o vácuo. E você, admite? Que ideia faz dele?

II.4. Sobre os movimentos

a) Para Aristóteles, a esfera das estrelas é mantida em movimento por um **Motor Primário**, de natureza divina. O movimento das estrelas é **circular e uniforme**, pois "ele é perfeito, eterno, sem começo nem fim, já que é sempre idêntico a si mesmo. Portanto, somente ele pode ser o **movimento natural** daquilo que é perfeito e eterno".

b) O movimento das estrelas é transmitido ao éter e às demais esferas que constituem o Céu, de modo que, no mundo celeste, o **movimento natural de tudo é o circular e uniforme** (mantido pelo Motor Primário); é isso que faz com que todo o Céu mova-se diariamente em torno da Terra, que ocupa o centro do Universo.

c) No mundo sublunar, cada corpo tem um **lugar natural**, no qual fica em equilíbrio, parado. Quando um corpo estiver fora do lugar que lhe corresponde, ele logo adquirirá um **movimento natural, de origem nele próprio**, que o levará a ocupar seu lugar na ordem natural das coisas.


O movimento natural, aqui na Terra, não é circular como no Céu: **no mundo sublunar, os movimentos naturais dos corpos são o movimento retilíneo dirigido para o centro do Universo (onde está a Terra) e o seu contrário, o movimento retilíneo afastando-se do centro**. Terra e água, que são pesados (ou graves, pois "possuem gravidade"), dirigem-se para o centro; ar e fogo afastam-se do centro (são leves, pois "possuem leveza"). Assim, uma pedra cai quando a largamos e o fogo sobe em labaredas pois esses são os movimentos que os levam de volta aos seus lugares naturais. A **gravidade da pedra, assim como a leveza do fogo**, são qualidades internas, "potencialidades" próprias desses elementos:



cada coisa no seu lugar: a terra embaixo, depois a água, o ar, e acima de todos o fogo.

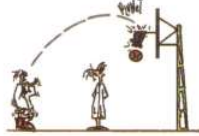
Capítulo 9 **A evolução das ideias**
128 **FORÇA E MOVIMENTO**

d) Além do movimento natural (para cima ou para baixo), um corpo também pode possuir um **movimento violento**. Esse movimento, ao contrário do movimento natural (que é próprio do elemento que constitui o corpo), deve ser produzido por um "motor externo", ou seja, um agente externo, através de uma **força**. Por exemplo: o movimento natural de uma bola é vertical para baixo; se quisermos que ela suba, devemos exercer uma força:



se o jogador largar a bola ela cai, pois esse é o seu movimento natural. Para que ela "vá contra" essa tendência natural, ele deve "forçá-la" a subir, exercendo sobre ela uma força.

e) Aristóteles também afirma que **o movimento só persiste enquanto houver contato entre o corpo que se move e o agente que exerce a força**. No entanto, a simples observação nos mostra que o movimento de um corpo continua mesmo depois de cessado o contato com o agente que o iniciou (como é o caso da bola arremessada pelo jogador). Para compatibilizar sua teoria com os fatos, ele utiliza o argumento da impossibilidade do vácuo, e propõe a seguinte explicação: **o vácuo é impossível, pois todo movimento necessita de um meio no qual o móvel se desloque; esse meio é o responsável pela força e pelo contato necessários para a continuação do movimento violento**. Explicando melhor: **o impulso inicial é transmitido ao meio no qual ocorre o movimento (por exemplo, o ar), e esse meio, por contato direto e contínuo, mantém o movimento do corpo**. É o que se chama, na teoria aristotélica, de "efeito a contragolpe" ou "antiperistasis", através do qual o ar "retorna por trás" do corpo e o empurra continuamente, forçando-o a se mover contra sua natureza:



o jogador dá o impulso inicial, e o movimento é mantido pelo ar, que em contato direto com a bola, exerce continuamente uma força "por trás" dela.

f) Para Aristóteles, o movimento é uma situação passageira, transitória, que só persiste enquanto durar a ação do motor (seja ele interno, no caso dos movimentos naturais, seja ele externo, no caso dos violentos). Cessada a força, o movimento acaba, pois o repouso é o "estado natural" dos corpos. Assim, o movimento não é considerado um estado, mas sim um processo que tem como término o repouso (esse sim o "estado natural e de equilíbrio" dos corpos).

g) Aristóteles reconhece também as forças de resistência. Por exemplo: quando um corpo se move no ar, ele irá ocupar sucessivamente posições antes ocupadas pelo ar; ora, o ar estava em seu lugar natural e **resiste** a sair dele. Esse era o sentido que ele dava à força de resistência do ar.

FORÇA E MOVIMENTO
A evolução das ideias
Capítulo 9

129

Embora o próprio Aristóteles nunca tenha usado a matemática, que será uma característica da Física do século XVII, podemos representar a relação aristotélica entre força e movimento pela equação:

$$v = \frac{F}{R}$$

onde:

- v = velocidade
- F = força motora
- R = resistência do meio ao movimento

Interpretemos essa equação: ela nos mostra que um corpo só permanece em movimento enquanto uma força motora (F) atuar sobre ele; mostra também que sua velocidade será tanto maior quanto maior for a força e menor a resistência (R) oferecida pelo meio. O movimento sem resistência (R = 0) é impensável pois, segundo Aristóteles, o **vácuo não existe** (por isso a resistência R no denominador, indicando a impossibilidade de divisão por zero).

Na próxima seção, veremos como algumas das ideias de Aristóteles foram sendo modificadas (ou pelo menos questionadas) ao longo da Idade Média.

Exercício 5
Qual seria o **movimento natural** das estrelas, para Aristóteles? Que justificativa ele dava para esse movimento?

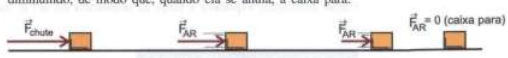
Exercício 6
Quais os **movimentos naturais** dos corpos terrestres, para Aristóteles? Que justificativa ele dava para esses movimentos? E você, como explica o movimento (para baixo) de uma pedra largada de uma certa altura, e o movimento (para cima) de uma bolha de ar dentro d'água?

Exercício 7
Aristóteles já usava a palavra **gravidade**. Com que sentido? E você, quando a usa, em que está pensando?

Exercício 8
Qual a diferença, para Aristóteles, entre um **movimento natural** e um **movimento violento**?

Exercício 9
Um movimento simples ao qual podemos aplicar as ideias de Aristóteles é o de uma caixa chutada no chão. Segundo ele, a caixa continua a se mover, mesmo depois de perder o contato com quem lhe transmitiu o movimento violento (no caso, o pé

de quem chutou) porque o ar a empurra por trás. A força do ar vai diminuindo, de modo que, quando ela se anula, a caixa para:



Se você não concordar com essa explicação, faça uma figura como a anterior, representando as forças que, a seu ver, atuam na caixa, e são responsáveis por seu movimento. Não se esqueça de dizer quem exerce cada uma dessas forças.

Exercício 10
Outro movimento importante é o de um projétil (chamamos de projétil tudo aquilo que é lançado, projetado), tal como o movimento de uma bola de basquete arremessada para a cesta. Aristóteles diria que "uma bola, arremessada pelo jogador, continua seu movimento, mesmo depois de perder o contato com a mão do jogador, porque é empurrada, por trás, pelo ar". Você concorda? Se não, faça um desenho mostrando a trajetória da bola no ar e represente com pequenas setas, num ponto da subida e outro da descida, as forças que julga serem responsáveis pelo movimento da bola. Indique claramente quem exerce essas forças sobre a bola.

Capítulo 9
A evolução das ideias
FORÇA E MOVIMENTO

130

Exercício 11
Aristóteles **não admite** que um movimento possa "durar para sempre". Em outras palavras: todo movimento é sempre passageiro, e deve terminar em repouso, que é o **estado de equilíbrio** das coisas. E você, acha mais razoável que um movimento, uma vez iniciado, sempre acabe em repouso, ou acha que ele possa "durar para sempre"? Justifique sua resposta.

Exercício 12
Pense agora na seguinte situação: um astronauta chega numa região do espaço **sem gravidade** e onde existe **vácuo**. Ele então arremessa uma bola. Na figura ao lado estão representadas duas posições da bola, correspondentes a intervalos de tempo sucessivos de um segundo.



- Desenhe, na figura, mais algumas posições da bola, a intervalos de tempo regulares de um segundo.
- Enquanto não encontrar obstáculo, a bola irá parar? Justifique sua resposta.
- Existe alguma força atuando na bola, **depois que ela perdeu o contato com a mão do astronauta**? Se acha que sim, desenhe setas indicando a direção e o sentido dessa(s) força(s), representando-a(s) na 2ª e na 4ª posições da bola. Quem exerce essa(s) força(s)? Como se comparam seus valores (maior, menor ou igual) nessas duas posições?

Exercício 13
Como Aristóteles explicava a força de resistência do ar? E você, como a explica?

III. A FÍSICA DA IDADE MÉDIA

Você deve concordar que um dos pontos mais frágeis da teoria aristotélica era sua explicação sobre os movimentos violentos. Já no século V d.C., John Philoponus considerava "incrível e fantástico" o efeito a contragolpe, argumentando que, para que ele ocorresse,

"o ar deveria realizar três movimentos distintos: deveria ser empurrado para frente pelo projétil, a seguir deveria mover-se para trás... e por último deveria mudar novamente de direção e mover-se para frente, empurrando o projétil."

Como é que, pergunta ainda Philoponus,

"o ar não sofre difusão nenhuma e vai incidir exatamente na parte posterior do projétil?"

Propõe então, no lugar dessa explicação, uma outra: **quem lança um projétil lhe transmite certa ação, certa "potência" de movimento que fica nele incorporada**. Com isso, ao mesmo tempo que retira do ar a função de "motor do movimento", ele nega também a ideia aristotélica da necessidade do contato contínuo entre motor e móvel. Para ele, é a ação inicial (exercida pela mão de quem lança uma bola, por exemplo) que permanece no corpo, mantendo o movimento por algum tempo. Como veremos adiante, essa é a ideia central que será, muitos séculos depois, a base da Teoria do Ímpeto.


Philoponus contesta também a ideia aristotélica da impossibilidade do vácuo, e ainda afirma que **o movimento no vácuo é possível**. Em suas próprias palavras:

FORÇA E MOVIMENTO **A evolução das ideias**
131 **Capítulo 9**

"Nada impedirá que uma flecha, uma pedra ou qualquer outro corpo possa ser lançado no vácuo; com efeito, estão presentes o motor, o móvel e o espaço que deve receber o projétil."

Para Philoponus, essa "ação inicial que permanece no corpo" deveria ser "autodesgastável", isto é, deveria ir diminuindo gradativamente até acabar, de modo a não permitir o movimento "para sempre". Podemos então concluir que o movimento é para ele, como era para Aristóteles, um processo que tem fim, e esse fim é o repouso.

Poderíamos supor que os argumentos de Philoponus propiciaram uma rápida revisão de (pelo menos) algumas ideias de Aristóteles. Isso, entretanto, não ocorreu; excetuando uma corrente, entre os árabes, que sofreu a influência de Philoponus, a Europa Ocidental se viu dominada, ainda por muitos séculos, pela doutrina aristotélica.



O século XIV vê surgir, entre outras coisas, as primeiras tentativas de matematização da Física, de torná-la quantitativa. Surge nessa época o conceito de velocidade instantânea e de sua variação no tempo, a aceleração. E as ideias de Philoponus ressurgem na Universidade de Paris, através de Jean Buridan e Nicole Oresme. As ideias desses dois cientistas constituem a chamada **Teoria do ímpeto**, que irá "competir" com a teoria aristotélica até o início do século XVII. A característica fundamental dessa teoria é que ela atribui ao próprio móvel a capacidade que Aristóteles atribuía ao meio, de armazenar e conservar a força inicial do propulsor (o impulso ou ímpeto inicial).

Baseado na observação dos fatos, Buridan apresenta vários argumentos a favor de sua teoria e contrários ao "efeito a contragolpe" aristotélico. Vejamos alguns:

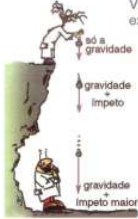
- uma lança com forma pontiaguda em sua parte posterior não se desloca mais lentamente que outra na qual não se fez ponta (o que deveria acontecer se a teoria aristotélica fosse correta);
- um barco, mesmo contra a corrente, continua se movendo por um tempo depois que o marinheiro deixa de remar; no entanto, o marinheiro não sente o ar empurrando-o por trás, mas sim pela frente, resistindo ao movimento;
- um atleta, ao saltar, não sente o ar empurrando-o para frente, mas sim se opondo ao movimento.

Então, conclui ele, não é o meio que exerce a força para manter o movimento, mas sim o impulso (ou ímpeto) inicial, seja no caso da lança, do barco, do atleta ou qualquer outro. Mas o que é esse ímpeto? Com a palavra Buridan, explicando o movimento de uma pedra arremessada:

"Enquanto o propulsor move o projétil, imprime nele uma certa impulsão... Quanto maior a velocidade com que o propulsor move o projétil, mais possante é a impulsão que nele imprime. É essa impulsão que movimenta a pedra depois que o atrador cessou de movê-la. No entanto, tanto pela resistência do ar como também por causa da gravidade... essa impulsão se enfraquece continuamente, então o movimento da pedra é cada vez mais lento: a impulsão é finalmente vencida e destruída, a ponto de a gravidade sobrepor-se a ela, movendo a partir daí a pedra em direção a seu lugar natural."


Capítulo 9 **A evolução das ideias**
132 **FORÇA E MOVIMENTO**

Vejamos, por exemplo, como os adeptos dessa teoria explicavam o aumento da velocidade de uma pedra que cai:




"no começo o corpo pesado é movido por sua gravidade somente: então se move lentamente. Depois é movido pela mesma gravidade e pelo ímpeto adquirido; em consequência se move mais rápido. Mas ao se mover mais rápido o ímpeto também se torna maior e mais forte, e o corpo então se move mais rápido ainda; e assim será sempre e continuamente acelerado até o final."

Como outro exemplo, a explicação do movimento de um corpo arremessado para cima:



"O corpo move-se para cima, uma vez que a força motora (o ímpeto) é maior que a resistência da gravidade. Mas esta força é continuamente enfraquecida; ela será finalmente tão diminuída que não mais superará o peso do corpo e não mais conseguirá impeli-lo além desse ponto."

Ressaltemos que, por essa época, persistia a ideia aristotélica de gravidade: eles a viam como uma propriedade interna do corpo, e não como a força de atração da Terra.




Sem nos determos mais na discussão do que vem a ser o ímpeto – uma vez que ele era, mesmo para os partidários dessa teoria, algo nebuloso, uma mistura de causa e efeito do movimento – vamos procurar ressaltar quais as diferenças e semelhanças entre essa teoria e as antecedentes:

- o ímpeto é visto por Buridan e Oresme como uma incorporação, pelo corpo, do impulso inicial; não há mais a necessidade do meio para justificar o movimento (o vácuo é possível, assim como o movimento no vácuo);
- ao contrário do que pensava Philoponus, o ímpeto de Buridan não é "autodesgastável"; ele tem uma natureza permanente e só é "corrompido" pela resistência, seja do meio, seja da gravidade do corpo. **Assim, surge com essa teoria a aceitação de que o movimento pode durar para sempre; o repouso não é necessariamente o fim de todo o movimento;**

- persiste porém a ideia de que, mesmo podendo ser "para sempre", o movimento precisa ser explicado a partir de uma ação externa; a explicação é a força inicial que permanece no corpo;
- persiste ainda a separação dos mundos a que se referia Aristóteles: as leis que regem os movimentos celestes não são as mesmas leis do mundo sublunar;
- matematicamente, podemos dizer que a relação entre força e movimento, do ponto de vista dessa teoria, é expressa por:

$$v = F - R$$

Interpretemos essa equação: assim como aquela que usamos para descrever a teoria aristotélica, ela nos mostra que um corpo só permanece em movimento enquanto uma força motora (F), externa ou incorporada, atuar sobre ele; mostra também que sua velocidade (v) será tanto maior quanto maior for a força (F) e menor a resistência (R) oferecida pelo meio. A grande diferença: o movimento sem resistência (R = 0) não é mais considerado impossível: se a resistência é nula, a força F não se desgasta e o movimento persiste para sempre.



FORÇA E MOVIMENTO A evolução das ideias **133** Capítulo 9

Exercício 14
Cite dois pontos em que Philoponus discorda da teoria aristotélica.

Exercício 15
Philoponus admite a possibilidade do vácuo, mas não admite o movimento "para sempre". Qual o argumento que ele usa para justificar esta impossibilidade? Você concorda com ele?

Exercício 16
Buridan apresenta vários argumentos experimentais para mostrar o absurdo do efeito a contragolpe de Aristóteles (ou seja, o ar empurrando o corpo por trás). Você concorda com ele? Teria mais algum exemplo para acrescentar?

Exercício 17
A ideia de que, na ausência de toda e qualquer resistência, o movimento de um corpo deveria "durar para sempre", surge na Idade Média.
a) Você concorda com isso? Se concorda, qual deve ser o "tipo" desse movimento (acelerado, retardado ou uniforme? Em linha reta ou em curva?)
b) Embora não se possa obter, na prática, a ausência total de resistência ao movimento, existem situações em que nos aproximamos disso. Você poderia citar dois exemplos?

Exercício 18
Os seguidores da teoria do ímpeto explicavam o movimento "para sempre" dizendo que, sem resistência, a força do ímpeto (ou do impulso inicial) não se gastaria, permanecendo constante todo o tempo. Assim, para o caso da bola arremessada pelo astronauta, teríamos, como mostra a figura ao lado, $F_1 = F_2$. Você concorda? Justifique sua resposta.

Exercício 19
Releia a explicação da teoria do ímpeto para o movimento de um corpo arremessado para cima. A seguir, represente por setas, nas figuras abaixo (seta maior, força maior) a(s) força(s) que, a seu ver, age(m) numa bola:
a) jogada para cima, ainda na subida e no ponto mais alto;
b) chutada pelo goleiro, ainda subindo, no ponto mais alto e já descendo.

Exercício 20
Releia a explicação da teoria do ímpeto para o fato de que, em queda, a velocidade de um corpo aumenta. A seguir, represente, na figura ao lado, a(s) força(s) que, a seu ver, age(m) numa pedra que cai, largada da janela de um prédio, nos dois pontos assinalados de seu movimento. Use setas de tamanhos diferentes para representar forças diferentes, e não se esqueça de dizer quem exerce cada força.

Capítulo 9 FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias
134
IV. A FÍSICA DO SÉCULO XVII
IV.1. Galileo Galilei

Para que possamos melhor compreender a revolução que ocorreu na Física no século XVII, façamos um resumo (bem simplificado), de como tinha evoluído até aquele momento a visão do homem sobre a relação entre força e movimento, de Aristóteles à Teoria do Ímpeto, passando por Philoponus:

- para haver movimento deve haver força; o movimento de um corpo persiste, mesmo depois de perdido o contato com quem o tirou do repouso, devido à força exercida pelo meio em que ele se move. Tal força vai diminuindo de modo que o corpo terminará em repouso, que é o "estado de equilíbrio" dos corpos (o movimento para sempre é impossível);
- o movimento de um corpo persiste, mesmo depois de perdido o contato com quem o tirou do repouso, devido à força inicial que fica incorporada no corpo. Tal "força" vai diminuindo, gastando-se naturalmente, de modo que, mesmo no vácuo, o corpo acabará parando (impossível o movimento para sempre);
- o movimento de um corpo persiste, depois de impulsionado, devido à força inicial que fica incorporada no corpo. Quando há resistências, essa "força" vai diminuindo e o corpo acabará parando; mas se não houver resistência, ele continua em movimento sem parar nunca, pois a força do impulso não é desgastada.

Esse último enunciado corresponde à ideia que a maioria das pessoas possui antes de fazer um curso de Física (para alguns, continua sendo a explicação correta mesmo depois!). Vamos interpretar alguns movimentos dentro da ótica deste enunciado (mais adiante, retomaremos a esses mesmos movimentos, interpretando-os de acordo com a teoria inercial de Galileo e Newton):

a) o movimento de uma bola arremessada por um astronauta, numa região do espaço sem resistência e sem gravidade:

como não existe resistência do meio nem gravidade, a força inicial não é consumida; ela permanece constante, fazendo com que a velocidade também permaneça constante e o movimento "não acabe".

b) um carrinho empurrado no chão:

o atrito vai gastando a força inicial e, por isso, a velocidade vai diminuindo. Quando a força acaba, o carrinho para.


FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias

135

Capítulo 9

c) uma pedra jogada para cima:



a gravidade vai consumindo a força inicial, até o ponto em que ela diminui tanto que não consegue mais fazer a pedra subir.

d) uma pedra que cai:



a velocidade aumenta durante a queda porque a força que atua sobre a pedra é cada vez maior.

Muito provavelmente você estará se perguntando o que pode haver de errado (se é que há) com essas explicações; afinal, elas são tão parecidas com as ideias intuitivas da maioria das pessoas!

Não temos ainda uma resposta, ou melhor, no século XVI a Humanidade não tinha uma resposta para essa pergunta. Precisou caminhar um pouco mais para compreender que outras ideias, melhores e mais abrangentes, poderiam substituí-las. Nesse sentido, foi decisiva a contribuição, entre outros, de Galileo Galilei (1564–1642).

O papel desempenhado por Galileo no desenvolvimento da Física é, até hoje, assunto de muita controvérsia. Alguns historiadores o colocam como o ponto de ruptura entre os conhecimentos "antigos" e os "modernos", como o "pai do método científico"; no extremo oposto, há os que o consideram um simples repelidor de ideias já conhecidas desde o século XIV. De qualquer ponto de vista, porém, parece ser inquestionável que, em função de sua personalidade, aliado ao seu estilo de escrever e

defender as próprias ideias (ou dos outros, como querem alguns), Galileo fez a ponte necessária e fundamental para a grande revolução na Mecânica, formalizada por Newton alguns anos após a sua morte.


Nos seus primeiros trabalhos, Galileo mostrou-se adepto da Teoria do Impeto e um fervoroso antiaristotélico, característica essa que manterá por toda sua obra. Dela destaquemos, no momento:



Galileo

IV.1.a. Argumentos físicos sobre a possibilidade de rotação e translação da Terra

Para explicar o movimento do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas em torno da Terra, há duas possibilidades: ou se considera a Terra fixa e todo o Universo girando diariamente a seu redor (modelo geocêntrico aristotélico), ou se considera a Terra girando em torno de si mesma e movendo-se em torno do Sol (modelo heliocêntrico proposto por Copérnico). Os defensores do modelo geocêntrico argumentavam pela impossibilidade dos movimentos da Terra dizendo, entre outras coisas, que se a Terra girasse, a velocidade de um ponto de sua superfície seria tão grande que as pessoas seriam atiradas longe, uma pedra largada no alto de uma torre cairia afastada de sua base, os pássaros não conseguiriam voar e a Terra seria devastada por grandes ventos. Argumentavam também que, se uma pessoa desse um pulo para cima, não cairia de volta no mesmo lugar: durante o tempo em que ela ficasse no ar, a Terra abaixo de seus pés teria se deslocado de algumas centenas de metros!



Capítulo 9

A evolução das ideias

136

FORÇA E MOVIMENTO

Para demonstrar que nada disso aconteceria caso a Terra girasse, Galileo desenvolveu as primeiras ideias sobre a relatividade dos movimentos e sobre a equivalência entre o repouso e o movimento com velocidade constante. Dizia ele que, **quando várias coisas se movem juntas com velocidade constante, compartilhando do mesmo movimento, esse movimento não pode ser percebido por nenhuma experiência física: tudo se passa como se as coisas estivessem em repouso.** É famosa uma das experiências que ele sugere para comprovar essa afirmação:

EXPERIMENTE (EM PENSAMENTO)

"Feche-se com algum amigo na principal cabine abaixo do convés de algum grande navio, e faça haver com você algumas moscas, borboletas e outros pequenos animais voadores. Tenha um grande vaso com água e com alguns peixinhos nele; dependure uma garrata que goteje em um vaso aberto embaixo dela. Com o navio ainda parado, observe cuidadosamente como os pequenos animais voam com igual velocidade para todos os lados da cabine. O peixe nada indiferentemente em todas as direções; as gotas caem dentro do vaso colocado embaixo; e, ao atirar alguma coisa para o seu amigo, você não necessita atirá-la mais fortemente em uma direção do que em outra, sendo as distâncias iguais; saltando com os pés juntos, atingirá distâncias iguais em todas as direções. Quando você tiver observado todas essas coisas cuidadosamente, faça o navio prosseguir com qualquer velocidade que se queira, desde que o movimento seja uniforme e não variado deste ou daquele modo. Você não descobrirá a mínima mudança em todos os efeitos mencionados, nem poderá dizer a partir de qualquer um deles se o navio está se movendo ou ainda permanece parado."

IV.1.b. O movimento como um estado (e não como um processo transitório)

Uma das características marcantes da física aristotélica foi a de considerar o movimento como um processo transitório que leva necessariamente ao repouso. Essa visão foi modificada pela teoria do impeto, que aceitava o movimento para sempre (explicando-o pela força do impeto que, na ausência de resistência, não se gasta). Galileo realinha essa ideia e diz que movimento é esse:

"... todos os impedimentos tendo sido removidos, um corpo colocado sobre uma superfície esférica concêntrica em relação à Terra será indiferente ao repouso ou ao movimento... e permanecerá no estado em que tiver sido colocado. Isto é, se colocado em repouso, permanecerá assim. E se posto em movimento para oeste, por exemplo, manterá esse movimento. Assim é que um navio... tendo recebido um impulso sobre o mar tranquilo, mover-se-ia em torno de nosso globo sem parar, ... se todos os obstáculos ou impedimentos pudessem ser removidos."

Nesse trecho de uma de suas obras, Galileo deixa claro que, para ele, **uma vez iniciado um movimento e removidas todas as resistências, ele será para sempre, circular e uniforme em torno da Terra.** Como ele próprio afirma em outro momento:

"... somente o repouso e o movimento circular são aptos à conservação da ordem..."

ou seja, **são estados de equilíbrio da natureza.** Colabora para essa conclusão, sua visão de gravidade: não ainda a visão que temos hoje de uma força externa, atrativa, exercida pela Terra, mas sim a ideia, ainda vigente em sua época, de "um atributo da matéria, permanente nela, agindo do interior". Por isso ele não conseguiu imaginar a "ausência de gravidade" e chegar ao movimento retilíneo, passo que só será dado mais adiante por Newton.

FORÇA E MOVIMENTO
A evolução das ideias **137**
Capítulo 9

IV.1.c. A queda dos corpos

Desde a Antiguidade, sabia-se que o movimento de queda de um corpo é acelerado. No entanto, a ideia vigente à época de Galileu – e que ele também aceitou de início – era a de que um corpo pesado “possuía mais gravidade” que um corpo leve, e deveria cair proporcionalmente mais rápido. Em outro capítulo, analisaremos mais detalhadamente a questão da queda dos corpos. Antecipemos, por enquanto, que Galileu foi o primeiro a concluir, acertadamente, que se reduzirmos ao máximo a resistência do ar, dois corpos quaisquer cairão praticamente juntos. Essa descoberta foi de fundamental importância para que Newton pudesse, anos depois, explicar satisfatoriamente a queda simultânea dos corpos.

IV.1.d. Suas descobertas astronômicas

Munido de uma luneta que ele mesmo construiu, Galileu apontou-a para o céu – até então só visto a olho nu – e realizou várias descobertas fundamentais para a rejeição do mito aristotélico dos “dois mundos” e para a aceitação do modelo heliocêntrico. Em 1610, publicou *A mensagem das estrelas*, onde relatou suas observações sobre o relevo lunar e as manchas solares (concluindo que os “Céus” não são tão perfeitos como dizia Aristóteles). Descreveu também a descoberta de satélites em Júpiter (nem tudo, portanto, gira em torno da Terra, e não há motivo para ela ser o centro imóvel do Universo).

Poderíamos nos estender por muito mais, analisando não só a obra de Galileu, mas também a sua vida, da qual Brecht retira inspiração e motivação para uma das mais belas peças teatrais contemporâneas. É também por demais conhecida e importante a sua relação com a Inquisição, que culminou com a confissão que foi obrigado a fazer, aos 70 anos de idade, perante o Tribunal do Santo Ofício. Terminemos, porém, destacando alguns aspectos de sua obra que contribuíram decisivamente para o desenvolvimento da Física: a substituição do senso comum, da simples observação, pela experimentação controlada; a “invenção” das experiências de pensamento – experiências em situações imaginárias, não realizáveis na prática – do tipo “o que aconteceria se a resistência do ar?”; a substituição de uma atitude contemplativa por uma atitude ativa perante a Natureza.

Exercício 21
(UFRJ/modificada) Em sua sátira *História dos Estados Lunares e Impérios*, o escritor francês do século XVII, Cyrano de Bergerac afirma ter sido, um dia, elevado por um sopro de ar que o manteve pairando acima da superfície da Terra durante várias horas. Ao pôr os pés no chão, Cyrano, para seu espanto, não estava mais na França, mas sim no Canadá. Evidentemente, isso é fruto da imaginação do autor, que queria com esse exemplo ironizar os defensores da Terra móvel. Galileu respondia que isso não aconteceria pois a atmosfera gira junto com a Terra. Caso a atmosfera ficasse parada enquanto a Terra gira, todos nós, que giramos com ela, sentiríamos um “vento” que, dependendo da latitude, poderia ser absurdamente forte.

a) A ser verdade o que dizia Cyrano de Bergerac, o que aconteceria se um helicóptero alçasse voo verticalmente até uma certa altura, ficasse por doze horas lá e depois retornasse à superfície da Terra?

b) Suponha que o raio da Terra seja 6400km, calcule, em km/h, a velocidade desse “vento” em relação a um ponto fixo no Equador terrestre.

Exercício 22
Um dos argumentos muito utilizados pelos defensores do geocentrismo era o seguinte:
“Se a Terra girasse, uma pedra largada do alto de uma torre cairia longe de sua base; no entanto, isso não ocorre. Logo, a Terra não gira”.

Suponha que você retornasse numa máquina do tempo ao início do século XVII e encontrasse um geocentrista. Como você contestaria esse argumento? Que experiências faria para convencê-lo do contrário?

Capítulo 9
A evolução das ideias **138**
FORÇA E MOVIMENTO


Exercício 23
Releia o trecho em que Galileu sugere que se façam algumas experiências dentro da cabine de um navio. Substitua o navio por um avião que voa em linha reta, com grande velocidade (constante). No seu modo de ver, continuam sendo verdadeiras as palavras de Galileu?

Exercício 24
Imagine um navio que se move com velocidade constante. Do alto do mastro (vertical) você larga uma pedra pesada, sobre a qual a ação da resistência do ar pode ser desprezada. Onde ela cairá, em relação ao mastro? Que conclusão pode tirar dessa experiência?

Exercício 25
Imagine-se dentro de um ônibus que se move com velocidade constante. Se você jogar um objeto verticalmente para cima, onde ele cairá? Que conclusão pode tirar dessa experiência?

Exercício 26
Galileu dizia que “se nenhuma força contrária atuar sobre um corpo, seu movimento, uma vez iniciado, será circular e uniforme em torno da Terra”. Você concorda? Justifique.

Exercício 27
Galileu dizia que “na ausência da resistência do ar, todos os corpos, sejam eles leves ou pesados, devem cair juntos”. Você concorda? Justifique.



Newton

IV.2. Isaac Newton

Isaac Newton (1642–1727) nasceu na Inglaterra no mesmo ano em que Galileu morreu na Itália. É na sua mais importante obra, os *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, que encontramos as bases da Mecânica Clássica:

TODO CORPO PERMANECE NO SEU ESTADO DE REPOUSO OU DE MOVIMENTO UNIFORME EM LINHA RETA, A MENOS QUE SEJA OBRIGADO A MUDAR ESSE ESTADO POR FORÇAS IMPRESSAS SOBRE ELE.

Esse é o enunciado da Primeira Lei de Newton, também conhecida como a lei da inércia, tal como ele a formulou nos *Princípios*. Reescrevendo-a de outra maneira:

NA AUSÊNCIA DE FORÇAS, UM CORPO EM REPOUSO PERMANECE EM REPOUSO E UM CORPO EM MOVIMENTO PERMANECE EM MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME.

Caberia perguntar o quanto de revolucionário tal enunciado trouxe para o entendimento da relação entre força e movimento, ou seja, no que ele difere da visão medieval e galileana. Pode parecer que, fora o fato de o movimento "para sempre" ser retilíneo em vez de circular, como dizia Galileu, tal lei não teria em si nada de muito novo se comparada à ideia dos medievais (e às ideias intuitivas de muitas pessoas).

Mas é exatamente na comparação com a ideia medieval que sobressai um dos aspectos mais fundamentais da 1ª Lei de Newton: enquanto que, para a teoria do ímpeto, o movimento para sempre era atribuído a uma espécie de força (o ímpeto), que embora "pertencente" ao corpo, teria origem externa (o impulso inicial), para Newton a permanência do movimento provém de uma causa interna, pertencente à própria matéria. Isso fica claro quando, logo depois de enunciar a primeira lei, ele diz:



UMA FORÇA É UMA AÇÃO EXERCIDA SOBRE UM CORPO; ESSA FORÇA CONSISTE SOMENTE NA AÇÃO, E NÃO MAIS PERMANECE NO CORPO QUANDO A AÇÃO TERMINA; POIS UM CORPO MANTÉM TODO O MOVIMENTO QUE ADQUIRE POR SUA PRÓPRIA NATUREZA.

Assim, para Newton, não só o repouso, mas também o movimento retilíneo uniforme (MRU), não precisam ser "explicados"; é da própria natureza dos objetos mante-

rem-se em repouso (se estiverem em repouso) ou em MRU (se estiverem em movimento). Retornemos ao exemplo da bola arremessada pelo astronauta, com essa nova interpretação:



é necessária uma força para "tirar" a bola do repouso; entretanto, uma vez desfeito o contato com a mão do astronauta, essa força não mais existe. A bola continua em MRU porque essa é uma "tendência natural" de todos os corpos.

Podemos utilizar um argumento prático (parecido com os que Buridan usou para criticar a força do ar, de Aristóteles) em favor dessa visão newtoniana: quando você, de patins, recebe um empurrão, só "sente" a força enquanto houver contato entre a mão que o empurra e as suas costas; cessado o contato, cessa a ação da força, e você não a sente mais!



A força só existiu enquanto durou o contato entre a mão que empurra e o patinador.



Como veremos, essa nova maneira de encarar a relação entre força e movimento vai se mostrar muito mais simples e poderosa que as anteriores. Encerraremos essa seção desenvolvendo um pouco mais as bases da mecânica newtoniana.



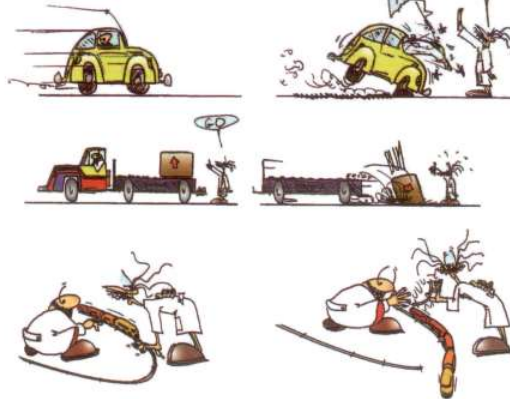
IV.2.a. O conceito de inércia

Newton dá o nome de **inércia** à tendência natural dos corpos, de manter a velocidade adquirida. No sentido de associar essa palavra ao seu significado correto, tenhamos em mente que a **inércia não é uma força** – a força inicial que permanece no corpo – pois é justamente essa ideia que Newton nega com sua definição de força; não significa também repouso, "coisa parada".

Daí se dizer que a mecânica newtoniana corresponde a uma **visão inercial do movimento**, e que o MRU é o movimento inercial. Nas figuras que se seguem, você observará várias situações comuns de nossa vida diária onde a 1ª Lei de Newton e o conceito de inércia estão presentes (**explique cada uma**):



INÉRCIA É A PROPRIEDADE DA MATÉRIA DE MANTER SEU ESTADO, SEJA DE REPOUSO (SE ESTIVER EM REPOUSO), SEJA DE MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (SE ESTIVER EM MOVIMENTO).



FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias

Capítulo 9

141

IV.2.b. Força produz mudança na velocidade

Lembremos que uma das características das teorias pré-newtonianas era a de associar força diretamente com velocidade:

força nula	⇒	repouso
força constante	⇒	velocidade constante
força diminuindo	⇒	velocidade diminuindo
força aumentando	⇒	velocidade aumentando

Ao afirmar que, na ausência de forças, um corpo em movimento permanece em movimento, Newton derruba a relação de proporcionalidade que se imaginava existir entre força e velocidade. **Não precisamos de força para manter a velocidade de um corpo, mas sim para mudá-la**, diz ele.

Vejam, através de exemplos concretos, o que isso quer dizer.

Imagine uma bolinha que se move com velocidade constante em linha reta (caso em que não há forças sobre ela)

$V_{\text{CONSTANTE}} (F=0)$

Se, por algum motivo, uma força constante passar a atuar sobre ela, **no sentido do movimento**, sua velocidade irá mudar (nesse caso, aumentará).

$V_{\text{AUMENTANDO}} (F_{\text{CONSTANTE}})$

Se uma força constante atuar **no sentido contrário ao do movimento**, sua velocidade também irá mudar (nesse caso, diminuirá).

$V_{\text{DIMINUINDO}} (F_{\text{CONSTANTE}})$

Finalmente: se uma força atuar **perpendicularmente ao movimento**, sua velocidade também será alterada (nesse caso, em direção).

FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias

Capítulo 9

142

Não precisamos de força para manter a velocidade de um corpo, mas sim para produzir mudanças (variações) dessa velocidade. Newton apresenta a relação existente entre força e variação de velocidade na sua 2ª lei, que analisaremos no próximo capítulo. Por enquanto, basta que você tenha em mente a seguinte ideia conceitual e qualitativa, e perceba claramente o quanto ela é diferente da visão medieval:

força nula ⇒ repouso ou velocidade constante

força constante ⇒ variação constante de velocidade

Interpretemos, dentro dessa "nova" ideia, o movimento do carrinho empurrado no chão:

enquanto durar o contato da mão com o carrinho, existirá uma força – exercida pela mão – que irá aumentar sua velocidade; cessado o contato, essa força deixa de existir; as forças de atrito (com o chão e o ar, contrárias ao movimento) explicam o movimento posterior: se elas não existissem, a velocidade do carrinho permaneceria constante; como elas existem, a velocidade do carrinho vai diminuindo, até ele parar. Observe que não há mais necessidade de "inventar" uma força para frente, para justificar o movimento.

IV.2.c. A atração gravitacional

Faltava a Newton explicar os movimentos de queda e de projéteis (que, lembremos, eram considerados respectivamente naturais e violentos). Para isso, ele assume uma outra hipótese em sua teoria: além da inércia, a matéria possui uma outra propriedade, a **atratibilidade** (matéria atrai matéria). Essa propriedade de atração mútua dos corpos se manifestaria pela existência de uma força – a **força de atração gravitacional** – da qual a força que a Terra exerce sobre os corpos seria um caso particular. Assim, a partir de Newton, a palavra **gravidade** passou a adquirir um novo sentido: não mais uma "qualidade interna que leva os corpos pesados a buscarem seu lugar natural",

como queria Aristóteles; não mais uma "força interna" como pensava Galileu, mas sim uma **ação externa, exercida pela Terra**.

Num de seus trabalhos posteriores aos *Princípios*, Newton estabelece a expressão matemática da força de atração gravitacional. Antecipemos o modo pelo qual Newton utilizou essa atração para explicar a queda dos corpos e o movimento dos projéteis, **não só de modo coerente com a lei da inércia, como também com muito mais simplicidade do que as teorias anteriores o fizeram**. Estimaremos, em todos os casos, desprezando a resistência do ar:

FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias
143

Capítulo 9

Figura (a): a velocidade em B é maior que em A não porque a gravidade aumenta ou outra força, além da gravidade, atua; ela aumenta porque a pedra está sujeita a ação de uma **força constante**, a atração da Terra.

Figura (b): depois de perdido o contato com a mão, **uma única força** – a atração da Terra, constante e contrária ao movimento – é suficiente para explicar o movimento da pedra. Se não existisse essa força, a pedra subiria com velocidade constante. A ação da força faz com que a velocidade vá diminuindo continuamente.

Figura (c): depois de arremessada, **uma única força** – a atração da Terra – atua na pedra. Essa força desvia continuamente a pedra da trajetória retilínea que ela teria por inércia (ou seja, a trajetória que a pedra teria se conseguíssemos “desligar” a gravidade). Assim, em vez de atingir o ponto A', ela “cai” para A; em vez de atingir o ponto B', ela “cai” para B, e assim continuamente até chegar ao chão.

Exercício 28
Voltemos à situação em que o astronauta arremessa uma bola, numa região do espaço sem gravidade e sem resistências ao movimento. Quais as respostas que Newton daria para as seguintes questões:
a) Qual o tipo de movimento que a bola teria, **depois de arremessada**?
b) Quantas forças agiriam sobre ela, **depois de arremessada**?
c) Você concorda com essas respostas? Justifique.

Exercício 29
Qual é o significado do termo **inércia**, dentro da visão newtoniana?

Exercício 30
Qual é o significado do termo **gravidade**, dentro da visão newtoniana?

FORÇA E MOVIMENTO

A evolução das ideias
144

Capítulo 9

Exercício 31
Qual é o significado do termo **força**, dentro da visão newtoniana?

Exercício 32
Voltemos à situação de uma pedra que cai, largada da janela de um prédio (exercício 20). Se a força de resistência do ar puder ser desprezada, que respostas a teoria newtoniana dá para as seguintes perguntas:
a) O que acontece com a velocidade da pedra durante a queda (aumenta, diminui ou permanece constante)?
b) Quantas forças atuam sobre a pedra durante a queda? Quem exerce cada força?
c) O que acontece com a força resultante durante a queda (aumenta, diminui ou permanece constante)?
d) Você concorda com essas respostas? Justifique.

Exercício 33
Voltemos à situação da caixa chutada no chão, naquele trecho em que ela já perdeu o contato com o pé de quem a chutou, mas ainda está em movimento (exercício 9). Que respostas a teoria de Newton dá para as seguintes perguntas:
a) Qual a única força horizontal que age sobre ela?
b) O que aconteceria se essa força não existisse?

Exercício 34
Voltemos à situação da bola chutada pelo goleiro (exercício 19). Se a força de resistência do ar puder ser desprezada, que respostas a teoria newtoniana dá para as seguintes perguntas:
a) Quantas forças atuam sobre a bola durante seu movimento? Quem exerce cada força?
b) Qual seria o movimento da bola se a força da gravidade pudesse ser “desligada”?

ANEXO D

MATERIAIS UTILIZADOS

D.1. NOTAS DE AULA

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS FORÇAS E CÁLCULO DE RESULTANTES

C. E. JOAQUIM TÁVORA

Ensino Médio - 1ª Série

Mecânica - Um estudo sobre as Forças

Nome: _____ Turma: _____

I. FORÇAS

❖ **Conceito, unidades, representação**

✓ O conceito de força, inicialmente associado ao esforço muscular, é mais geral: falamos em força sempre que dois corpos quaisquer interagem (atuam um sobre outro), seja por **contato** (por exemplo, ao empurrar), seja por **ação a distância** (por exemplo, uma atração magnética). Quando não equilibrada, uma força atuando sobre um corpo produz efeitos sobre o movimento e/ou sobre a forma desse corpo.

✓ A unidade de força no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o newton (N). Outra unidade ainda muito utilizada é o quilograma-força (kgf). A relação entre elas é:

$$1,0 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

✓ os instrumentos utilizados para medir forças são chamados de dinamômetros (ou balanças de mola). Baseiam-se quase sempre na deformação que a força produz sobre a mola (maior força \Rightarrow maior deformação).

❖ **Força é grandeza vetorial.**

✓ Diferentemente das **grandezas escalares**, que ficam perfeitamente determinadas através do valor numérico e respectiva unidade (por exemplo: tempo, temperatura, massa, volume), as **grandezas vetoriais** também possuem direção e sentido.

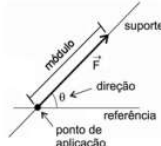
São representadas por vetores (segmentos de reta orientados) - que informam, pelo tamanho e para onde apontam - as características essenciais da grandeza vetorial:

↳ **módulo (ou intensidade):** é o valor numérico da grandeza, acompanhado de sua respectiva unidade. O módulo está associado ao tamanho do vetor usado para representar a grandeza, através de uma escala determinada.

↳ **direção:** está relacionada com a inclinação da reta que contém o vetor. É geralmente especificada pelo ângulo que essa reta faz com outra, de referência.

↳ **sentido:** corresponde a uma das duas orientações possíveis em uma certa direção. Por exemplo, a direção vertical possui dois sentidos: para cima e para baixo.

↳ **suporte (ou reta suporte):** é a reta que contém o vetor.

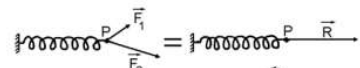


↳ **origem (ou ponto de aplicação):** é o ponto onde está sendo exercida a grandeza. Em se tratando de força, é o ponto do corpo no qual a força está aplicada.

II. FORÇA RESULTANTE ou, simplesmente, RESULTANTE

❖ **Resultante de um sistema de forças. Soma vetorial**

A resultante (\vec{R}) de um sistema de forças é a força que substitui o sistema, produzindo o mesmo efeito que ele:

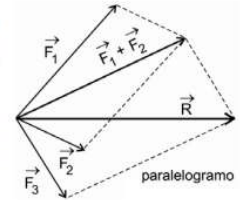


A resultante de duas forças corresponde à **soma vetorial** dessas forças e essa soma pode ser obtida por processos gráficos e/ou algébricos.

O processo básico para somar graficamente dois vetores consiste em traçar, a partir da mesma origem e em escala, os vetores que se quer somar (figura ao lado) e, através de retas paralelas a esses vetores, determinar a diagonal do paralelogramo formado, cujo valor na escala escolhida corresponderá à soma vetorial desejada. Este processo é conhecido como regra do paralelogramo.

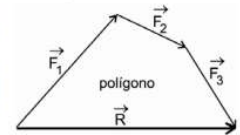
❖ **Processos gráficos de soma vetorial**

A regra do paralelogramo pode ser estendida para um número qualquer de vetores, originando dois métodos equivalentes: os paralelogramos sucessivos e o polígono.



↳ **método do paralelogramo:** com o qual construímos paralelogramos somando as forças aos pares e, a seguir, com as resultantes parciais formamos outros paralelogramos e assim sucessivamente.

↳ **processo do polígono:** Processo mais rápido e "econômico" que o do paralelogramo. Os vetores são desenhados em sequência, a origem de um coincidindo com a extremidade do anterior. Unindo a origem do primeiro vetor à extremidade do último, determinamos a resultante.

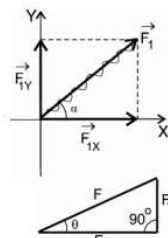


❖ **Componentes ortogonais**

As componentes de uma força \vec{F} , em eixos ortogonais (perpendiculares) X e Y - respectivamente \vec{F}_x e \vec{F}_y - formam com a força um triângulo retângulo, e podem ser obtidas por:

$$\text{sen} \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \cdot \text{sen} \theta$$

$$\text{cos} \theta = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cdot \text{cos} \theta$$



❖ **Processos algébricos de soma vetorial**

Além dos processos gráficos, a resultante pode ser obtida por métodos algébricos (numéricos). Em geral, são mais rápidos e precisos que os métodos gráficos.

↳ **Três casos particulares:** São os casos nos quais a soma algébrica é facilmente obtida pelo processos gráficos a seguir:



1. **forças de mesmo sentido.** Nesse caso - em que o ângulo entre as forças vale 0° - o módulo da resultante é igual à soma dos módulos das forças:

$$R = F_1 + F_2$$

2. **forças de sentidos contrários.** Nesse caso - em que o ângulo entre as forças vale 180° - o módulo da resultante é igual à diferença entre os módulos das forças:

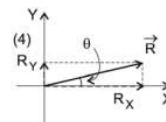
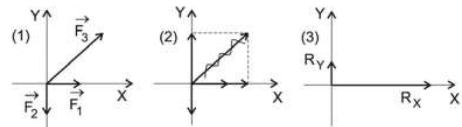
$$R = F_1 - F_2$$

3. **forças perpendiculares.** Nesse caso - em que o ângulo entre as forças vale 90° - o polígono das forças é um triângulo retângulo. Podemos então aplicar o teorema de Pitágoras e encontrar o módulo da resultante:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2$$

✓ **processo da decomposição vetorial (ou das componentes ortogonais):** no caso em que as forças possuem direções quaisquer, procedemos da seguinte forma (acompanhe pelas figuras):

- Escolhemos dois eixos perpendiculares entre si (de preferência, nas direções que contenham o maior número de forças);
- Decompomos as forças que não estão sobre esses eixos;
- Somamos (ou subtraímos) forças de mesma direção, encontrando as resultantes em cada eixo (R_x e R_y);
- Aplicando o teorema de Pitágoras e um pouco de trigonometria, encontramos a resultante (em módulo e direção) do sistema de forças:



$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

$$\theta = \text{arc tg} \frac{R_y}{R_x}$$

❖ **Observações importantes**

✓ Quando queremos nos referir a certa força, escrevemos \vec{F} (com uma setinha em cima, para caracterizá-la como grandeza vetorial). Quando queremos falar apenas do seu módulo, escrevemos $|\vec{F}|$ ou simplesmente F.

✓ Não confunda direção com sentido: possuem a mesma direção um vetor para cima e outro para baixo, porém seus sentidos são opostos (ou contrários).

✓ Cuidado ao escrever que \vec{R} é a resultante de duas forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 . Como não se trata de uma soma aritmética, e sim vetorial, devemos escrever que: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (com as setinhas em cima, para caracterizar que a soma é vetorial!), pois, nesse tipo de soma, em geral teremos $R \neq F_1 + F_2$ (agora sem as setinhas, por estarmos nos referindo aos módulos das forças!). Só é correto escrever que $R = F_1 + F_2$ (sem setinhas) quando as forças possuem mesma direção e sentido (caso 1 anterior).

ESTÁTICA DA PARTÍCULA E AS FORÇAS MAIS COMUNS DA MECÂNICA

C.E. JOAQUIM TÁVORA
 Ensino Médio - 1ª Série
 Mecânica - Um estudo sobre as Forças - resumo 2

Nome: _____ Turma: _____

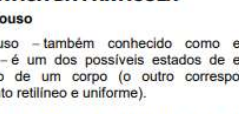
II. ESTÁTICA DA PARTÍCULA

A. O repouso

O repouso – também conhecido como equilíbrio estático – é um dos possíveis estados de equilíbrio mecânico de um corpo (o outro corresponde ao movimento retilíneo e uniforme).

PARA QUE UM CORPO PERMANEÇA EM REPOUSO, É NECESSÁRIO QUE A SOMA DAS FORÇAS QUE NELE ATUAM SEJA IGUAL A ZERO.

O sistema de forças mais simples que mantém um corpo em repouso é aquele constituído por duas forças diretamente opostas (mesmo módulo, mesmo suporte e sentidos opostos). Quando são mais de duas forças agindo em um corpo, cada uma delas deve "anular" a soma de todas as outras, ou seja, cada uma delas deve ser diretamente oposta à resultante das outras:

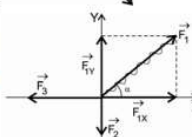


B. Análise algébrica do equilíbrio

Quando trabalhamos com o método das componentes ortogonais, a condição vetorial de equilíbrio estático ($\vec{R} = \vec{0}$) pode ser substituída por duas equações, uma para cada eixo:


$$\begin{cases} R_x = \sum F_x = 0 \\ R_y = \sum F_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_{1x} - F_3 = 0 \\ F_{1y} - F_2 = 0 \end{cases}$$

lembrando: $F_{1x} = F_1 \cos \alpha$ e $F_{1y} = F_1 \sin \alpha$



C. O isolamento de um corpo

Na análise dos problemas de equilíbrio, existe uma etapa que antecede a aplicação da condição de equilíbrio $\vec{R} = \vec{0}$, propriamente dita. Nessa etapa - denominada isolamento - devemos identificar as forças que atuam sobre o objeto (ou corpo), determinando corretamente a intensidade, direção e sentido de cada força.




D. As forças mais comuns na Natureza

1. Força peso

O PESO (\vec{P}) DE UM OBJETO (NA TERRA) É A FORÇA COM A QUAL A TERRA O ATRAI.

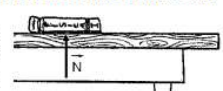
- ✓ Fala-se em "peso de um objeto". Isso pode sugerir que o peso seja uma propriedade "interna" do objeto (como se imaginava antes de Newton). No entanto, é importante ter em mente que o peso é uma ação externa, ou melhor, é a força exercida pela interação entre a Terra e o objeto;
- ✓ A força peso tem direção vertical e sempre atua no sentido do centro da Terra;
- ✓ Rigorosamente falando, o peso de um objeto depende de sua posição (latitude e altitude) e em outro astro, que não a Terra, um objeto poderá ter peso diferente do que tem na Terra;
- ✓ Para um objeto de massa m , em um local onde a aceleração da gravidade seja g , podemos calcular o peso por $P = m \cdot g$. Lembrando que o peso é uma força, ele será medido em N ou em kgf. Todavia, no SI, a expressão deve ser usada com unidades compatíveis: P em newtons, m em quilogramas e g em m/s^2 .



2. Força (perpendicular) exercida por superfícies (força normal)

A FORÇA NORMAL (\vec{N}) É UMA DAS COMPONENTES DA FORÇA EXERCIDA ENTRE DUAS SUPERFÍCIES. ELA ATUA SEMPRE NA DIREÇÃO PERPENDICULAR ÀS SUPERFÍCIES, E NO SENTIDO DE NÃO DEIXAR UMA PENETRAR NA OUTRA.

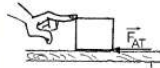
- ✓ A força normal surge sempre que há uma compressão entre duas superfícies que se encontram em contato;
- ✓ Quanto maior a compressão entre as superfícies, maior a força normal;
- ✓ Do ponto de vista microscópico, a força normal é o resultado de forças elétricas de repulsão entre as moléculas. Essas forças surgem quando a superfície é comprimida e, em consequência, a distância entre as moléculas tende a diminuir.



3. Força de atrito

A FORÇA DE ATRITO (\vec{F}_{AT}) É UMA DAS COMPONENTES DA FORÇA EXERCIDA ENTRE DUAS SUPERFÍCIES. ELA ATUA SEMPRE NO SENTIDO CONTRÁRIO À TENDÊNCIA DE MOVIMENTO DE UMA SUPERFÍCIE EM RELAÇÃO À OUTRA.

- ✓ A força de atrito estático atua enquanto o objeto, apesar de "forçado a se mover", permanece em repouso em relação à superfície sobre a qual se apoia. Ela possui, em geral, um valor maior do que a força de atrito cinético, que atua quando o objeto se encontra em movimento em relação à superfície de apoio;



4. Força exercida por fios e cordas (tração ou tensão)

A FORÇA DE TRAÇÃO (\vec{T}) EXERCIDA POR UM FIO SOBRE UM OBJETO TEM A DIREÇÃO DO FIO E ATUA SEMPRE NO SENTIDO CONTRÁRIO AO DO TRACIONAMENTO DESSE FIO.

- ✓ A força de tração surge sempre que um fio preso a um objeto é esticado (ou seja, tracionado), quanto mais for esticado o fio, maior será a força de tração;
- ✓ Do ponto de vista microscópico, a força de tração é o resultado de forças elétricas de interação entre as moléculas. Essas forças surgem quando o fio é esticado e, em consequência, a distância entre as moléculas tende a aumentar;
- ✓ Um fio (ou corda) é considerado ideal quando é inextensível e possui massa desprezível. A força exercida em uma extremidade de um fio (ou corda) ideal transmite-se integralmente (sem alteração de valor) ao longo de toda sua extensão, até a extremidade oposta.

5. Força de resistência do ar

A FORÇA DE RESISTÊNCIA DO AR (\vec{R}_{AR}) É A FORÇA ATRAVÉS DA QUAL O AR SE OPÕE AO MOVIMENTO DE UM OBJETO QUE SE DESLOCA RELATIVAMENTE A ELE.

- ✓ A força de resistência do ar é causada pelas colisões de suas moléculas que compõem o ar contra o objeto que se move em relação a ele;
- ✓ Quanto maior for a velocidade do objeto em relação ao ar, maior será o valor da força de resistência oferecida por ele; portanto, se não houver movimento do objeto em relação ao ar, $R_{AR} = 0$;
- ✓ Em situações nas quais o valor da força de resistência do ar for muito pequeno em comparação com o valor das outras forças envolvidas, também teremos $R_{AR} = 0$;
- ✓ Outros fatores que influem no valor da força de resistência que o ar exerce sobre os objetos são: sua forma (aerodinâmica) e a área de contato do objeto com o ar;

2

- ✓ A força de atrito estático pode variar de zero até o valor denominado *limite máximo*, de acordo com a "solicitação", mas (praticamente) independe do "tamanho" da área de contato entre as superfícies;
- ✓ Apesar de não ser possível eliminar totalmente o atrito entre duas superfícies, existem casos nos quais ele é tão pequeno quando comparado com as outras forças envolvidas, que pode ser desprezado. Consideramos então $F_{AT} = 0$. Para as demais situações, a força de atrito dependerá de dois fatores: da compressão (ou seja, do valor da força normal) e dos das superfícies em contato (polimento e natureza) fator identificado através do chamado *coeficiente de atrito*.
- ✓ os **coeficientes de atrito** são tabelados para diferentes pares de superfícies, podendo ser determinados pela razão entre o valor medido para a força de atrito e o valor da compressão normal - no caso estático, devemos determinar o valor da força de atrito estático máxima ($F_{AT,MAX}$). Assim, os coeficientes de atrito são:

$$\mu_E = \frac{F_{AT,MAX}}{N} \text{ e } \mu_C = \frac{F_{AT}}{N} \text{ (respectivamente, estático e cinético)}$$

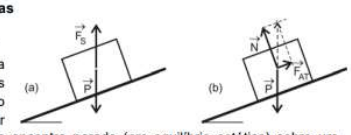
6. Força de empuxo

A FORÇA DE EMPUXO (\vec{E}) É EXERCIDA POR UM FLUIDO (LÍQUIDO OU GÁS) SOBRE UM OBJETO QUE NELE SE ENCONTRE TOTAL OU PARCIALMENTE IMERSO. TEM DIREÇÃO VERTICAL E SENTIDO DE BAIXO PARA CIMA.

- ✓ É causada pelas "forças de pressão" que o fluido exerce sobre o corpo, ao longo de toda a superfície imersa. Essas forças, sempre perpendiculares à superfície do corpo, possuem uma resultante de baixo para cima, pois a pressão exercida pelo fluido aumenta com a profundidade;
- ✓ Não é correto dizer que dentro d'água os objetos pesam menos do que fora d'água. O peso não muda de valor, o que ocorre é que a força de empuxo que atua, para cima, "ajudando" a equilibrar o efeito do peso do objeto.

7. Interação entre superfícies

Em verdade, a força normal e a força de atrito são componentes da força originada pela interação entre duas superfícies. Por exemplo, quando uma caixa se encontra parada (em equilíbrio estático) sobre um plano inclinado, dizemos que o efeito da ação do peso da caixa está sendo equilibrado: pela ação da força de sustentação \vec{F}_s exercida pelo plano sobre a caixa – conforme figura (a) – ou, pela ação conjunta das forças \vec{N} e \vec{F}_{AT} – conforme a figura (b). Como $\vec{F}_s = \vec{N} + \vec{F}_{AT}$, podemos dizer que as duas explicações são equivalentes.



8. As forças básicas da Natureza

No entendimento atual das Ciências, todas as forças observadas na natureza são resultado de três interações fundamentais:

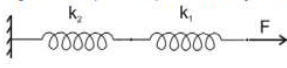
- ✓ **interação gravitacional:** todos os objetos que possuem massa se atraem. A força peso, por exemplo, é uma manifestação dessa força.
- ✓ **interação eletromagnética:** cargas elétricas podem se atrair ou repelir. A força normal, o atrito e a tração são manifestações macroscópicas das forças elétricas - que ocorrem em nível microscópico - entre as cargas que constituem os átomos.
- ✓ **interação nuclear:** as interações nucleares (forte e fraca) ocorrem no âmbito dos núcleos. Apesar de possuírem curtíssimo alcance, são as interações mais fortes da natureza. Entre outras coisas, são as responsáveis pela estabilidade dos núcleos.

D.2. LISTAS DE EXERCÍCIOS

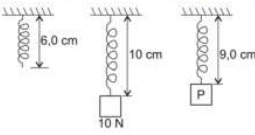
C.E. JOAQUIM TÁVORA
 Ensino Médio - 1ª Série
 Mecânica - Um estudo sobre as Forças - exercícios vestibulares

Nome: _____ Turma: _____

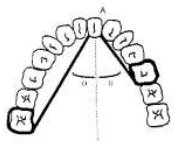
01. (UFPE) Uma mola de constante elástica $k_1 = 24\text{N/m}$ é conectada a uma segunda mola de constante elástica $k_2 = 45\text{N/m}$, que está conectada a uma parede rígida na outra extremidade, conforme mostra a figura. Uma pessoa aplica uma força F à primeira mola, distendendo-a em 15cm relativo ao seu comprimento em equilíbrio. Calcule a distensão da segunda mola, em cm.



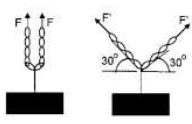
02. (UFMG) As figuras mostram uma mola elástica de massa desprezível em três situações distintas: 1ª sem peso, 2ª com um peso de 10N e a 3ª com um peso P. O valor de P é:



03. (UFPE) Para corrigir o desalinhamento do dente inciso A de um paciente, um dentista fez passar um elástico por esse dente e o amarrou a dois dentes posteriores, conforme a figura. Sabendo-se que a tensão do elástico é de 10N e que $\cos \theta = 0,85$, determine o valor em newtons da força total aplicada pelo elástico sobre o dente A.



04. (PUC-RJ/Modificada) Quando um homem suspende um objeto por uma corda dobrada verticalmente, como mostra a figura a seguir, sobre cada parte da corda ele faz uma força de módulo $F = 5\text{N}$. Se o homem suspender o objeto puxando a corda segundo um ângulo de 30° com a horizontal, qual o módulo da força F' que ele exercerá em cada parte da corda?

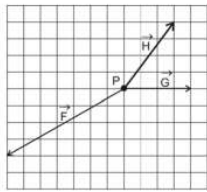


05. (UFRS) Uma força de módulo 10N e outra de módulo 12N são aplicadas simultaneamente a um corpo. Qual das opções abaixo apresenta uma possível intensidade resultante dessas forças?

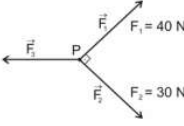
06. (UFRS) Nas alternativas estão indicados os módulos (em N) de pares de forças que têm a mesma direção. Uma força resultante de módulo igual a 8N poderia ser a resultante do par:

07. (UECE/Modificada) É provável que você tenha um peso de 72kgf e que calce sapatos número 37. Então a soma das forças responsáveis pelo seu equilíbrio quando você fica de cócoras, nas pontas dos pés, será:

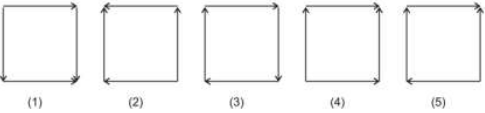
08. (UFRS/Modificada) As forças \vec{F} , \vec{G} e \vec{H} , representadas na figura ao lado, estão aplicadas no ponto P. O módulo da resultante dessas forças é igual a:



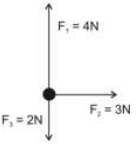
09. (UNIFOR) Num ponto P atuam três forças, conforme mostra a figura. Se a situação é de equilíbrio, o módulo de \vec{F}_3 , em N, é de:



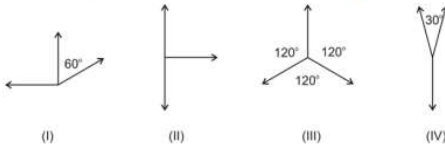
10. (UFRS/Modificada) As figuras a seguir apresentam quadrados nos quais todos os lados são formados por vetores de módulos iguais. A resultante do sistema de vetores é nula na figura de número:



11. Observando a partícula submetida ao conjunto das forças representado na figura ao lado:




12. (UFMG) A resultante das forças representadas é nula no(s) diagrama(s):



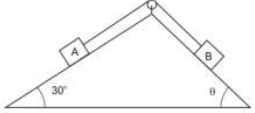
13. (UERJ) Um livro está inicialmente em repouso sobre o tampo horizontal áspero de uma mesa sob ação unicamente de seu peso e da força exercida pela mesa. Em seguida, inclina-se a mesa de um certo ângulo, de modo tal que o livro permaneça em repouso. Analisando a componente normal da força que a mesa exerce sobre o livro nesta última situação, conclui-se que seu valor:

14. (UFRJ/Modificada) A figura mostra um alpinista de peso 700N escalando uma fenda estreita em uma montanha. No instante considerado o alpinista encontra-se em repouso. Calcule o módulo e indique a direção e o sentido da resultante das forças exercidas pelas paredes da fenda sobre o alpinista.




15. (UFRJ) Uma pessoa idosa, de 68kg, ao se pesar, o faz apoiada em sua bengala como mostra a figura. Com a pessoa em repouso a leitura da balança é de 650N. Considere $g = 10\text{m/s}^2$.

16. (IME-RJ) Na figura a seguir os objetos A e B pesam, respectivamente, 40N e 30N e estão apoiados sobre planos lisos, ligados entre si por uma corda inextensível, sem peso, que passa por uma polia sem atrito. Determinar o ângulo θ e a tensão na corda quando houver equilíbrio.



17. (IBMEC-RJ) A figura mostra um corpo de massa 40kg sendo sustentado por uma pessoa, através de uma associação de duas roldanas, uma fixa e outra móvel, de pesos desprezíveis e sem atrito. Qual o valor da força \vec{F} que a pessoa exercerá para manter o corpo em equilíbrio?

(A) 40 newtons
(B) 20 newtons
(C) 400 newtons
(D) 200 newtons
(E) 800 newtons




18. (Unificado/RJ) Um bloco de ferro é mantido em repouso sob o tampo de uma mesa, sustentado exclusivamente pela força magnética de um ímã, apoiado sobre o tampo dessa mesa. As forças relevantes que atuam sobre o ímã e sobre o bloco de ferro correspondem, em módulo, a:

P_1 : peso do ímã.
 F_1 : força magnética sobre o ímã.
 N_1 : compressão normal sobre o ímã.
 P_2 : peso do bloco de ferro.
 F_2 : força magnética sobre o bloco de ferro.
 N_2 : compressão normal sobre o bloco de ferro.

Sendo $P_1 = P_2$, é correto escrever:

(A) $N_1 + N_2 = 2F_1$
(B) $P_1 = F_2$
(C) $P_1 + P_2 = F_1$
(D) $P_1 + P_2 = N_1$
(E) $F_1 + F_2 + P_1 + P_2 = 0$

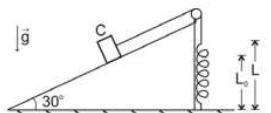


19. (UNICAMP-SP) Quando um homem está deitado numa rede (de massa desprezível), as forças que esta aplica na parede formam um ângulo de 30° com a horizontal, e a intensidade de cada uma é de 60kgf (ver figura).

a) Qual é o peso do homem?
b) O gancho da parede foi mal instalado e resiste apenas até 130kgf. Quantas crianças de 30kgf a rede suporta? (suponha que o ângulo não mude).

20. (FUVEST-SP/Modificada) Um corpo C de massa igual a 3,0kg está em equilíbrio estático sobre um plano inclinado, suspenso por um fio de massa desprezível preso a uma mola fixa ao solo, como mostra a figura. O comprimento natural da mola (sem carga) é $L_0 = 1,2m$ e ao sustentar estaticamente o corpo ela se distende, atingindo o comprimento $L = 1,5m$. Os possíveis atritos podem ser desprezados. A constante elástica da mola, em N/m, vale então:

(A) 10
(B) 30
(C) 50
(D) 90
(E) 100



06. E
05. C
04. B
03. 17N
02. D
01. 8cm
- Gabarito:
07. D
08. A
09. B
10. C
11. a) 3,6N;
b)
12. B
13. D
14. 700N, vertical p/ cima.
15. a) 30N, vertical p/ cima.
b) 650N, vertical p/ cima.
16. $\theta \approx 42^\circ$ ou arc sen (2/3); 20N.
17. B
18. A
19. a) 60kgf (600N)
b) 4 crianças
20. C


C. E. JOAQUIM TÁVORA
1ª Série do Ensino Médio - Lista de exercícios de Física - 2º bimestre

Aluno(a): _____ Turma: _____


QUESTÕES:

01. Explique, com suas palavras, o que você entende por: (a) força, (b) peso e (c) massa.


02. Um copo é colocado em repouso sobre uma superfície horizontal, como ilustra a figura ao lado. Desenhe na própria figura, as forças que atuam sobre ele nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



03. Agora a superfície é inclinada em relação à horizontal, mas o copo continua em repouso sobre ela, como ilustra a figura ao lado. Desenhe, na própria figura, as forças que atuam sobre o copo nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



04. Inclina-se a superfície mais um pouco, em relação à horizontal, até que o copo começa a escorregar sobre ela com uma velocidade constante. Desenhe, na própria figura, as forças que atuam sobre o copo nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



05. Em um trabalho de pesquisa de Física, um aluno obteve a seguinte resposta para uma questão:

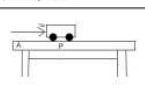
I. O carrinho ao lado é impulsionado sobre uma mesa horizontal, de A até P (veja figura). Após o ponto P ele perde o contato com quem o empurrou. Se fosse possível eliminar todos os atritos e resistências o que aconteceria com o carrinho depois do ponto P?

a) Atingiria o final da mesa com uma velocidade maior do que em P.
b) Atingiria o final da mesa com velocidade menor do que possuía em P.
 c) Atingiria o final da mesa com a mesma velocidade que possuía em P.
d) Não atingiria o final da mesa.

(a) qual a sua explicação para isto?

Não havendo nada para gastar sua velocidade ele prossegue o movimento em alteração da velocidade.

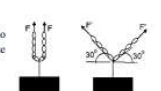
(b) Indique, através de setas no diagrama ao lado, as forças que atuam sobre o carrinho, nomeando cada uma e dizendo quem é o responsável pelo aparecimento de cada força e qual o seu efeito.



\vec{F}_1 = força peso, exercida pelo planeta Terra que puxa o carrinho para baixo;
 \vec{F}_2 = força de impulso, transferida por quem empurrou o carrinho, responsável por seu movimento;
 \vec{F}_3 = força de sustentação, exercida pela mesa, que não deixa o carrinho cair.


Está correta a resposta do entrevistado? Justifique sua resposta, utilizando argumentos da Física que você aprendeu.

06. A figura ao lado ilustra duas situações nas quais podemos sustentar um objeto, sendo que na primeira fazemos uma força F e na segunda F'. Analisando as situações o que você pode dizer sobre a relação entre F e F'?



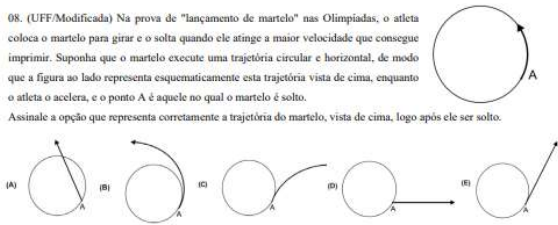
07. Luiz, que possui uma massa de 60kg, e Marcelo, que possui uma massa de 80kg, encontram-se de patins sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, como mostra a figura ao lado. Em um determinado momento Luiz começa a puxar gradativamente a corda que une os dois.

a) A força que Luiz faz (na corda) é maior, menor ou igual que a força que Marcelo faz?
b) Quem se moverá primeiro?

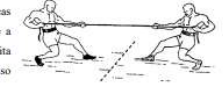


08. (UFF/Modificada) Na prova de "lançamento de martelo" nas Olimpíadas, o atleta coloca o martelo para girar e o solta quando ele atinge a maior velocidade que consegue imprimir. Suponha que o martelo execute uma trajetória circular e horizontal, de modo que a figura ao lado representa esquematicamente esta trajetória vista de cima, enquanto o atleta o acelera, e o ponto A é aquele no qual o martelo é solto.


Assinale a opção que representa corretamente a trajetória do martelo, vista de cima, logo após ele ser solto.



09. O "cabo de guerra" é uma prova onde os oponentes exercem forças em uma mesma corda puxando o adversário para que ele ultrapasse a linha demarcada no chão. Será uma prova justa se o oponente da direita estiver sobre um piso de cimento e o da esquerda estiver sobre um piso de lama? Explique o motivo.



10. Suponha que uma balança é regulada para registrar o valor do peso dos objetos que se apoiam sobre sua base. Se uma pessoa subir nessa base, mas estiver apoiada em uma bengala que encosta no chão (como mostra a figura ao lado), ela registrará o valor correto, um valor menor ou um valor maior do que o peso dessa pessoa? E se a bengala for apoiada na base da balança? Explique seu raciocínio.



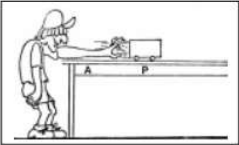
D.3. QUESTÕES EXPLORATÓRIAS (SOBRE A RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO)

EXPLORANDO A RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO

NOME: _____ TURMA: _____


Instruções:
As questões a seguir **não serão utilizadas para avaliação**. Tratam-se apenas de questões com o objetivo de fazer você pensar sobre os assuntos que irá estudar ainda este ano. Porém é muito importante que você as responda individualmente, e com clareza, sobre o que realmente pensa sobre cada situação apresentada. Não importa o "certo" ou "errado", importa apenas o que você pensa a respeito. Portanto, procure justificar **TODAS** as suas respostas, para que mais adiante, quando tiver estudado os assuntos, possa rever como pensava antes. Assim sendo, vamos lá:

(01) Juquinha impulsiona um carrinho sobre uma mesa horizontal, de A até P (veja a figura). Se fosse possível eliminar todos os atritos e resistências, o que aconteceria com o carrinho no seu movimento sobre a mesa, depois de perder o contato com a mão de Juquinha?



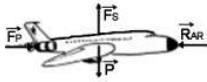
A) Atingiria o final da mesa com uma velocidade maior do que aquela com que saiu da mão de Juquinha.
B) Atingiria o final da mesa com uma velocidade menor do que aquela com que saiu da mão de Juquinha.
C) Atingiria o final da mesa com a mesma velocidade que saiu da mão de Juquinha.

(02) Utilizando pequenas setas, complete o diagrama abaixo com as forças que, a seu ver, atuam sobre o carrinho da questão anterior, em algum ponto da mesa depois do ponto P, onde ele já perdeu o contato com a mão de Juquinha. Atribua uma letra para cada uma delas e escreva, ao lado, quem exerce cada uma dessas forças. Lembre-se que estamos considerando que todos os atritos e resistências foram eliminados:



(03) Um avião está voando horizontalmente em linha reta. As forças que atuam sobre ele são:

P - seu peso (para baixo);
 F_S - a sustentação (para cima);
 F_P - a força de propulsão (para frente);
 R_{AR} - a resistência do ar (para trás).

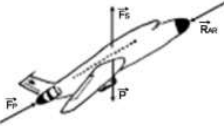


Qual das opções a seguir relaciona corretamente os módulos (valores) destas forças, se o movimento é com velocidade constante?

(A) $P = F_S$ e $F_P = R_{AR}$ (B) $P = F_S$ e $F_P > R_{AR}$
(C) $P > F_S$ e $F_P > R_{AR}$ (D) $P = F_S$ e $F_P < R_{AR}$
(E) $P > F_S$ e $F_P = R_{AR}$

(04) Agora o avião está subindo com velocidade constante, numa reta inclinada de 30° com a horizontal. Qual a relação entre as forças P , F_S , F_P e R_{AR} ?

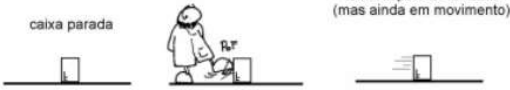
(A) $P = F_S$ e $F_P = R_{AR}$
(B) $P = F_S$ e $F_P > R_{AR}$
(C) $P > F_S$ e $F_P > R_{AR}$
(D) $P = F_S$ e $F_P < R_{AR}$
(E) $P > F_S$ e $F_P = R_{AR}$
(F) Outra: _____



(05) Uma pequena caixa está parada no chão. João então dá um chute na caixa. Ela se move por um certo tempo e logo depois pára.

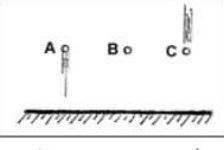
i) Represente, através de pequenas setas, as forças que, a seu ver, agem na caixa em cada um dos instantes representados:

caixa parada caixa sendo chutada caixa depois de chutada (mas ainda em movimento)



ii) Porque a caixa acaba parando?

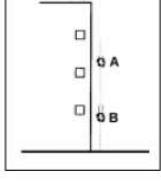
(06) Imagine a situação, representada na figura ao lado, onde três bolas idênticas de aço (A, B e C), foram arremessadas para cima. Em um determinado momento, elas se encontram exatamente na mesma altura; A está subindo, B atingiu o ponto mais alto e C está descendo. Assim, sem considerar a força de resistência do ar, use as opções abaixo da figura para responder aos itens propostos:



(A) (B) (C) (D) (E) (F) nenhuma força

i) Qual dessas opções representa a(s) força(s) que age(m) na bola A?
ii) Qual dessas opções representa a(s) força(s) que age(m) na bola B?
iii) Qual dessas opções representa a(s) força(s) que age(m) na bola C?

(07) Um pedaço de ferro, bem pesado, é largado do alto de um prédio. Na figura ao lado representamos dois pontos (A e B) de sua queda. Assinale a opção que julga correta para as seguintes perguntas:



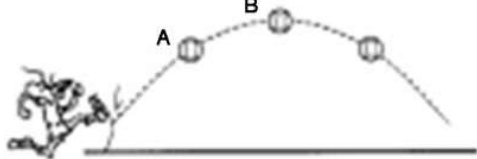
i) sua velocidade ao passar pelo ponto B é:

A) igual à velocidade que possuía em A
B) maior que a velocidade que possuía em A
C) menor que a velocidade que possuía em A.

ii) a força que age no pedaço de ferro em B é:

A) igual à força que age sobre ele em A
B) maior do que a força que age sobre ele em A
C) menor do que a força que age sobre ele em A.

(08) Luiz chuta uma bola, cuja trajetória está representada na figura a seguir. Sem considerar a força de resistência do ar, represente, na própria figura, através de pequenas setas, a(s) força(s) que, a seu ver, age(m) sobre a bola quando ela passa pelos pontos A e B assinalados.




(09) Retome a questão anterior e pense em uma situação imaginária, na qual a gravidade pudesse ser "desligada" no exato momento em que a bola perde o contato com o pé de Luiz. Ainda sem considerar a atuação da força de resistência do ar, responda:

a) que trajetória a bola seguiria nesse caso? (desenhe-a na figura acima)
b) nessa nova situação, quantas forças agiriam na bola, depois de chutada? Quem exerceria essas forças?

(10) Para responder a esta última questão, você deverá se imaginar sentado em um banco, no meio de um ônibus que se move a 100km/h em uma estrada reta, horizontal e sem buracos. Sabemos que não é fácil, mas você consegue, rsrs !

a) Se você arremessar uma moeda para cima, verticalmente, onde ela cairá?
b) Se você tiver que jogar essa moeda para uma pessoa que esteja sentada quatro bancos à frente, e depois jogar uma moeda idêntica para uma pessoa que esteja sentada quatro bancos atrás, em qual dos casos você deverá jogá-la com mais força?

D.4 UMA PROVA DO TERCEIRO BIMESTRE

	Disciplina: FÍSICA	Avaliação do 3º Bimestre	Data: 24/09/19
	Aluno (a): [REDACTED]	Professor (a): [REDACTED]	
Nº: 1	Turma: [REDACTED]	Valor da Avaliação: 6,0	Pontos obtidos: [REDACTED]

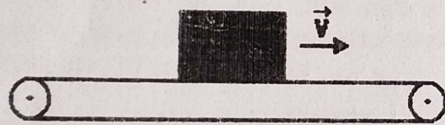
Formulário: $F = m \cdot a$ $P = m \cdot g$ $F_{\text{atd}} = \mu_d \cdot N$

Instruções: prova sem consulta e sem calculadora.

"APENAS NO DICIONÁRIO O SUCESSO VEM ANTES DO TRABALHO" (EINSTEIN)

QUESTÕES

1) A figura representa um caixote transportado por uma esteira horizontal. Ambos têm velocidade de módulo v , constante, suficientemente pequeno para que a resistência do ar sobre o caixote possa ser considerada desprezível,



Pode-se afirmar que sobre esse caixote, na situação da figura,

a) atuam quatro forças: o seu peso, a reação normal da esteira, a força de atrito entre a esteira e o caixote e a força motora que a esteira exerce sobre o caixote.

b) atuam três forças: o seu peso, a reação normal da esteira e a força de atrito entre o caixote e a esteira, no sentido oposto ao do movimento.

c) atuam três forças: o seu peso, a reação normal da esteira e a força de atrito entre o caixote e a esteira, no sentido do movimento.

d) atuam duas forças: o seu peso e a reação normal da esteira.

e) não atua força nenhuma, pois ele tem movimento retilíneo uniforme.

2) Considerando-se o conceito de massa, pode-se dizer:

a) A massa de um objeto depende do valor da aceleração da gravidade. X

b) A massa depende da quantidade de material que constitui um objeto.

c) A massa de um objeto depende da sua localização.

d) Massa e peso são a mesma quantidade.

3) É freqüente observarmos, em espetáculos ao ar livre, pessoas sentarem nos ombros de outras para tentar ver melhor o palco. Suponha que Maria esteja sentada nos ombros de João que, por sua vez, está em pé sobre um banquinho colocado no chão. Com relação à terceira lei de Newton, a reação ao peso de Maria está localizada no:

- a) chão
- b) banquinho
- c) centro da Terra
- d) ombro de João

4) De acordo com a terceira lei de Newton, a toda força corresponde outra igual e oposta, chamada de reação. A razão por que essas forças não se cancelam é:

- a) elas agem em objetos diferentes.
- b) elas não estão sempre na mesma direção.
- c) elas atuam por um longo período de tempo.
- d) elas não estão sempre em sentidos opostos.

5) Os blocos A e B, mostrados na figura a seguir, com massas respectivamente iguais a 2 kg e 3 kg são arrastados pela força de intensidade 40N, ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Determine:

a) A aceleração adquirida pelos corpos;

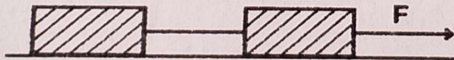
bloco A = $a = 20 \text{ m/s}^2$
 bloco B = $a = 13,3 \text{ m/s}^2$

$m_A = 2 \text{ kg}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $m_B = 3 \text{ kg}$

$F = m \cdot a$
 $40 = 2 \cdot a$
 $\frac{40}{2} = 20 \text{ m/s}^2$

$F = m \cdot a$
 $\frac{40}{3} = 13,3 \text{ m/s}^2$

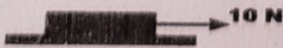
b) A intensidade da força de tração no fio.



6) A figura representa um corpo de massa 1 kg apoiado em uma superfície horizontal de coeficiente de atrito 0,2. Em determinado instante, é aplicado ao corpo uma força horizontal de 10 N

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

Determine:



$P = m \cdot g$
 $P = 1 \cdot 10$
 $P = 10 \text{ kg}$

a) O peso do corpo;

$P = 10 \text{ kg}$

b) A força de atrito

$F_{atd} = 0,2 \cdot 10$
 $F_{atd} = 2,0$

$F_{atd} = 0,2 \cdot 10$ UNIDADE!
 $F_{atd} = 2,0$

b) a aceleração adquirida pelo corpo

$F = m \cdot a$
 $10 = 1 \cdot a$
 $\frac{10}{1} = 10 \text{ m/s}^2$

$F = m \cdot a$
 $10 = 1 \cdot a$
 $a = \frac{10}{1} = 10 \text{ m/s}^2$

7) Um trabalhador empurra um conjunto formado por dois blocos A e B de massas 4 kg e 6 kg, respectivamente, exercendo sobre o primeiro uma força horizontal de 50 N, sem atrito, determine:

b) a aceleração dos blocos;

$$F_A = m \cdot a$$

$$50 = 4 \cdot a$$

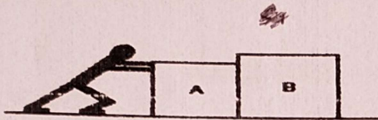
$$a = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ m/s}^2$$

$$F_B = m \cdot a$$

$$50 = 6 \cdot a$$

$$a = \frac{50}{6} \approx 8,3 \text{ m/s}^2$$

c) A força que o bloco A faz no bloco B



8) Admita que sua massa seja de 40 Kg e que você esteja sobre uma balança dentro de um elevador. Qual será a indicação da balança quando o elevador subir acelerado, com aceleração constante de 2 m/s²

Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$P = m \cdot g$$

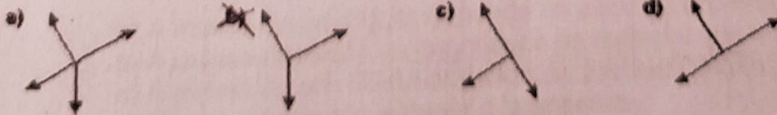
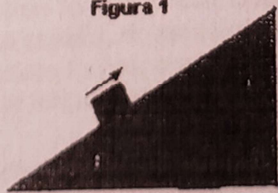
$$P = 40 \cdot 10$$

$$P = 400 \text{ Kg}$$

$$\frac{400}{2} = 200 \text{ Kg}$$

9) Um corpo está subindo um plano inclinado sem atrito, conforme a figura, assinale quais as forças que atuam no corpo.

Figura 1



ANEXO E

EXEMPLO DE PCK NARRADO POR UM PIBIDIANO

E.1. EXEMPLO DE UMA SEQUÊNCIA PEDAGÓGICA PARA A ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON

Apresentamos a seguir uma sequência pedagógica para a abordagem das leis de Newton, narrada por um dos pibidianos, extraído o texto de seu diário de bordo:

No dia 24/04/19 o professor Marcelo Fonte Boa propôs uma sequência didática para o ensino do conceito newtoniano de força. Serão ao todo três aulas em que o Marcelo irá trabalhar este conceito. No primeiro encontro ele priorizou o estudo de operações com vetores, os tipos de força e algumas ideias sobre força que já existiram e falou sobre a diferença entre força e pressão. Observei que o método didático do Marcelo valoriza a interação com os alunos, fazendo com que estes exponham suas primeiras ideias sobre o assunto. Outra marca visível de sua didática é a exploração da curiosidade que já existe dentro do indivíduo. Por exemplo, ele atrita um canudo com uma meia-calça e, ao colocar no quadro, ele [canudo] não cai, como era de se esperar na perspectiva do senso comum. Os alunos ficaram muito curiosos, perguntaram “você passou água no canudo? Isso é algo sobrenatural!” Uma aluna ficou tão surpresa que pediu para tentar fazer esse experimento ela mesma. Outra interação que o professor Marcelo propôs foi ouvir dos alunos o que eles achavam que era mais pesado: um pesinho de chumbo ou uma placa de madeira. Os alunos seguravam ambos e as respostas eram unânimes: o chumbo é mais pesado, embora seu tamanho seja muito menor. Depois dos alunos estarem “convencidos” que o pesinho de chumbo é mais pesado que a placa de madeira, o professor Marcelo, com o auxílio de um dinamômetro, mostrou que o maior peso na verdade é o da placa de madeira. Para terminar o raciocínio o professor explica que o nosso tato não mede força e sim pressão, desta forma o pesinho que concentra mais peso em uma área menor dá a sensação de que é mais “pesado”. A verdade é que ele exerce uma pressão maior. Foi uma experiência muito boa para nós do pibid.

No dia 8/5 o professor Marcelo Fonte Boa deu continuidade ao estudo de vetores, força resultante e equilíbrio. Mais uma vez investiu tempo na soma de vetores, dando ênfase à noção

de que a soma de vetores é diferente da soma de escalares. Uma atividade proposta por ele para exemplificar esse caso foi somar vetores deslocamento, na prática. Ele fazia a soma de um vetor (de comprimento de dois passos) com um outro vetor (do mesmo comprimento), representando dois deslocamentos que eram realizados de formas distintas, ora os dois na mesma reta, ora perpendiculares. Ao final do deslocamento Marcelo queria ouvir dos alunos quantos passos deveria usar para retornar para a posição de onde saiu. Esta parece ser uma das melhores formas de ensinar soma de vetores no ensino médio, pois além de ser uma atividade de certo modo lúdica é bem didática. Um outro assunto sobre o qual o professor Marcelo queria que os alunos pensassem era a questão do equilíbrio de um corpo. A pergunta chave é “o que tem que acontecer para um corpo estar em equilíbrio?”. Essa questão foi discutida. Um experimento que tinha o objetivo de explorar o conceito de força resultante foi a medida do peso de dois objetos. Esses pesos eram medidos por um dinamômetro. Para realizar a medida do peso da placa de madeira ou o peso do chumbo, estes deveriam estar em equilíbrio, ou seja, a força que a mola do dinamômetro fazia deveria ser igual à força peso dos objetos. A conexão entre esses dois assuntos é fundamental para os temas de física que serão discutidos mais à frente. Um outro assunto abordado foi o da pressão, assunto já discutido na aula anterior. Como houve bastante falta naquela aula, decidiu-se voltar a este tema.

Por fim, foi proposto um pré-teste, para identificar as ideias espontâneas dos alunos sobre o assunto “força e movimento”. O intuito era de o aluno colocar ali a sua forma de explicar os fenômenos, o famoso senso comum. Tendo como base o como o aluno pensa sobre aquele determinado assunto, podemos montar uma sequência didática que vise desconstruir, ou orientar aquele senso para a explicação ciência. No último tempo eu e o [pibid13] ficamos encarregados de lecionar. Eu falei sobre soma de vetores e o [pibid13] falou sobre equilíbrio e força resultante. Eu imitei o método do Marcelo de ensinar soma de vetores. Reeditei os vetores deslocamento com dois passos de comprimento, tentando mostrar para o aluno que a soma vetorial é diferente

da escalar. O [pibid13] perguntou aos alunos o que eles entendiam como equilíbrio. Respostas tais como andar de bicicleta e equilibrar algo foram dadas. Essas são as ideias primárias dos alunos acerca do assunto, mas o intuito do [pibid13] era focar o equilíbrio de translação e não de rotação, que era como os alunos respondiam. Para falar de equilíbrio ele reeditou o experimento da placa de madeira e do chumbo. O experimento mais uma vez fez os alunos que não estavam na última aula, acharem que o objeto que pesava mais seria o chumbo e não a placa de madeira. A maioria escolhia o chumbo como mais pesado pelo fato de ele exercer mais pressão sobre a pele que a placa de madeira. O chumbo com sua massa concentrada em um volume menor, por consequência pressionava mais em uma área menor, assim exercia uma pressão maior que a placa de madeira que tinha sua massa bem distribuída sobre a pele.

No dia 15/5 o professor Marcelo Fonte Boa deu continuidade a sua sequência didática. Infelizmente, devido ao grande número de faltas, a regência do professor foi em apenas uma turma. Os assuntos trabalhados foram equilíbrio e a relação entre aceleração e movimento. O professor Marcelo trabalhou com os alunos a ideia de que quando um corpo está em equilíbrio a resultante das forças que atuam nesse corpo é igual a zero. Trazendo isso para o cotidiano do aluno, ele usou os casos de quando ficamos em equilíbrio dentro de um ônibus. O primeiro é quando o ônibus está parado e o outro é quando ele está com velocidade constante. Nesses dois casos não precisamos nos apoiar em nada para evitar uma queda. Existe uma grande dificuldade do aluno aceitar que um corpo pode se mover sem uma força sendo exercida sobre ele. Na verdade, esse pensamento já é antigo, desde a Grécia já existia. Mas é a teoria do ímpeto, a forma de pensar o movimento mais conhecida no senso comum e os alunos vêm para a sala de aula com essa ideia. É um dos desafios para os professores de física fazer com que os alunos raciocinem sobre esse assunto na perspectiva de Newton. Como o Marcelo fez, mostrando no cotidiano do próprio aluno que não precisa de uma força resultante para que o movimento continuasse. E o outro assunto abordado foi a relação entre aceleração e movimento. A

aceleração sendo responsável pela mudança da velocidade ou da direção do vetor velocidade. Esse assunto foi trabalhado no primeiro bimestre e o Marcelo fez uma revisão, pois o assunto é importante para a continuidade do trabalho.

No dia 22/5 o assunto trabalhado foi a relação entre equilíbrio e força resultante. Mais uma vez o professor Marcelo Fonte Boa trabalhou com os alunos a relação entre um corpo estar em equilíbrio e a força resultante sobre ele ser igual a zero. O exemplo do ônibus sempre ilustrando bem essa relação. Quando trazemos a física para o contexto em que o aluno está inserido ajuda na sua aprendizagem, a meu ver. Na última turma eu fiquei encarregado de lecionar. O meu objetivo era fazer o aluno conseguir relacionar equilíbrio e força resultante igual a zero. Primeiramente eu perguntei o que eles entendiam por equilíbrio. Muitos responderam: “quando eu me equilíbrio sobre um pé”, “quando eu estou andando”, “quando me equilíbrio sobre uma corda bamba”. Depois das respostas eu dei o exemplo do Marcelo sobre equilíbrio dentro de um ônibus. Estabeleci a relação quando um ônibus se move com velocidade constante não é preciso me segurar em nada para evitar uma queda, pois eu estou em equilíbrio e a força resultante sobre mim é igual a zero. E ao contrário, quando ele arranca, eu preciso me segurar para não cair, pois a força resultante passa a ser diferente de zero.

Também fiz outro exemplo, e perguntei: o que é preciso fazer para que essa cadeira se movimente? Responderam: “Ah, você precisa empurrar”, então empurrei com uma força que não era suficiente para fazer a cadeira sair do lugar. Então falei: Estou empurrando, mas a cadeira não se move. Responderam: “você não está empurrando com uma força que a mova”. Depois disso expliquei que para a cadeira se mover era necessário que a força resultante sobre ela fosse diferente de zero. E que à medida em que a força aplicada sobre a cadeira vai aumentando a força de atrito estático também vai aumentando, com mesma intensidade, porém com sentido contrário, até que a minha força supere a força máxima do atrito estático.

Foram feitas duas perguntas: a primeira foi: “o motivo de um carro atolado não conseguir sair do lamaçal é o atrito?”. Eu me enrolei para responder, eu não tinha pensado sobre o assunto. E eu não respondi com convicção. Depois de conversar com outras pessoas cheguei à conclusão de que na verdade é a falta de atrito que evita que o carro consiga sair do lamaçal. E outra pergunta foi: “por que quando o motorista vira o ônibus para um lado o nosso corpo vai para o outro. Nesse caso eu sabia o fenômeno, mas não consegui explicar bem. Como não estamos presos ao ônibus, quando o motorista faz uma curva a nossa tendência é continuar a mover em linha reta, saindo pela tangente da trajetória. Usei o exemplo de uma marimba que arrebenta durante uma trajetória circular, quando o barbante arrebentar a pedra sairá por uma reta tangente à circunferência.

No dia 29/05 o professor ██████ retomou a condução da turma. O Marcelo Fonte Boa vinha fazendo um trabalho com a turma diferente do habitual, uma aula com uma interação maior com os alunos. O professor ██████ utilizou o método tradicional, ainda que tentasse a interação em alguns momentos, a sua aula era expositiva. O tema trabalhado foi das leis de Newton, a formulação das leis. Ele escreveu no quadro uma pequena definição das três leis e foi explicando uma a uma. No final da definição da terceira lei de Newton ele deixou destacado que os pares de forças, ação e reação ocorrem em corpos diferentes. No último tempo o ██████ deu chance para um de nós lecionarmos, e eu decidi lecionar.

Para começar a aula eu perguntei o que eles lembravam das últimas aulas. Fiz isso porque todo o trabalho desenvolvido de forças e equilíbrio tinham como finalidade chegar nas leis de Newton, na sua descrição formal no contexto do ensino médio. Depois de ouvir as respostas comecei a falar sobre a primeira lei de Newton. Comecei a discussão lembrando o exemplo de quando estamos em equilíbrio dentro do ônibus a força resultante ser nula e logo nos movemos com velocidade constante. Quando estamos em desequilíbrio dentro do ônibus. Em cima desse contexto formalizamos a primeira lei de Newton, falei da tendência que os corpos têm de manter

o seu movimento na ausência de uma força resultante. Quando o aluno compreende que um corpo pode se mover sem uma força resultante diferente de zero atuando nele, ele deu um grande avanço para a compreensão das três leis de Newton. Na segunda lei de Newton eu falei sobre a relação entre força resultante e aceleração. Fiz até um exemplo com um aluno, perguntei o “peso” dele, que era sua massa, para calcular a força peso sobre ele e fazer uma comparação das acelerações provocadas em cada corpo, os pares seriam ele e o planeta terra. Para falarmos sobre a terceira lei, eu comecei perguntando o que preciso fazer para andar para frente? responderam: ora é só andar, eu perguntei, mas o que é preciso fazer para andar? Eu estava tentando construir a ideia de ação e reação. Depois eu perguntei novamente, em uma piscina o que é preciso fazer para nadar para frente? Responderam: Você tem que empurrar a água para trás. Como o Marcelo diz, os alunos já têm uma noção sobre física do seu cotidiano. A partir daqui formalizamos a terceira lei de Newton. Surgiram algumas perguntas como: Se eu der um soco na parede minha mão sai machucada e a parede intacta. Respondi: que a força que ele faz na parede ao socá-la é igual a força que a parede faz na mão, porém ele sente dor porque a mão é sensível. A outra pergunta foi se o eco tinha alguma coisa a ver com a terceira lei de Newton? A um primeiro momento pensei que não tinha muita relação, mas lembrei que a onda sonora é produzida pela pressão que é transmitida pelas moléculas de ar, mas optei por respondê-lo na próxima aula. O professor ■■■ também passou alguns exercícios do livro nas turmas e os exercícios exigiam basicamente a aplicação da fórmula $F = m a$.

No dia 19/06 foi feita a revisão para a prova da semana seguinte. Usamos como base para a revisão a lista que o Marcelo Fonte Boa tinha preparado. A nossa atuação foi de auxiliar os alunos na resolução das questões. Um dos métodos que usei nessa ajuda aos alunos foi não dar a resposta, mas fazê-los chegarem na resposta, através de perguntas que julguei como fundamentais para que o aluno encontrasse o caminho da resposta. Essa lista tinha como objetivo fazer o aluno pensar sobre os conceitos aprendidos durante o semestre. Os assuntos que

a lista tratava eram: a relação da força resultante com o movimento, o aluno tinha que entender que se o somatório de todas as forças que atuam nesse corpo é igual a zero então ele se move com velocidade constante. O conceito de inércia, que todo corpo tende a manter o movimento uniforme na ausência de uma força resultante diferente de zero. Uma questão bem interessante que abordava isso era a do rapaz que rodava um martelo em uma trajetória circular e em uma certa posição dessa trajetória ele soltava o martelo, por causa da sua inércia o martelo seguiria uma trajetória retilínea quando fosse solto. O assunto força normal foi bastante explorado, um caso bem curioso foi de uma pessoa que estava em cima de uma balança e com um bengala, em um primeiro momento esse indivíduo estava com a bengala em cima da balança e em um segundo momento a bengala estava apoiada fora da balança e o exercício queria saber se a marcação da massa na balança iria mudar. Eu tinha cometido um equívoco no raciocínio da solução dessa questão, eu pensei que a marcação da massa do indivíduo só mudaria no primeiro caso, pois além do seu peso tinha o peso da bengala e no segundo caso iria medir só a massa da pessoa menos a da bengala, que a normal sobre o indivíduo não mudaria com a bengala do lado de fora, iria só diminuir a marcação da massa na balança em comparação com a primeira medição, porém eu não estava levando em consideração que ao apoiar a bengala do lado de fora da balança parte da força que o rapaz estaria fazendo na balança agora seria feita no solo, então de fato, nesse caso a normal que a balança faria sobre o indivíduo seria menor nesse segundo caso. Uma aluna tinha me perguntado sobre essa questão e eu respondi que não tinha pensado muito sobre a questão, mas mesmo assim falei minha primeira ideia sobre o caso, depois eu voltei na mesma garota e falei que tinha feito o raciocínio errado e que ela estava certa desde o início. Na lista também tinha uma questão sobre atrito, muito boa para fazer o aluno pensar, essa questão ilustrava a famosa brincadeira de cabo de guerra, e tinha duas pessoas se puxando em superfícies diferentes, uma mais rugosa que a outra, uma superfície estava com lama e a outra superfície estava com cimento fresco, a questão queria saber quem teria mais vantagem nessa brincadeira, quem teria mais facilidade de puxar o outro.

Na questão do martelo, que já tinha mencionado, percebi que alguns alunos tinham dificuldades de saber para onde o martelo seguiria o seu movimento depois de lançado.

Essa questão também não era trivial para os alunos.

Eles deveriam primeiro ter em mente que a velocidade é um vetor, deveriam lembrar que na ausência de uma força resultante sobre o martelo ele seguiria em movimento retilíneo e uniforme, então para resolver essa questão nada simples, o aluno deveria ter uma série de conceitos bem trabalhados para ter um bom resultado na questão.

Temos a lista utilizada apresentada a seguir:

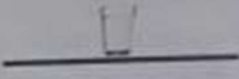
C. E. JOAQUIM FAVORA
 1ª Série do Ensino Médio - Lista de exercícios de Física - 2º bimestre

Aluno(a): _____ Turma: _____


QUESTÕES:

01. Explique, com suas palavras, o que você entende por: (a) *força*, (b) *peso* e (c) *massa*.


02. Um copo é colocado em repouso sobre uma superfície horizontal, como ilustra a figura ao lado. Desenhe na própria figura, as forças que atuam sobre ele nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



03. Agora a superfície é inclinada em relação à horizontal, mas o copo continua em repouso sobre ela, como ilustra a figura ao lado. Desenhe, também na própria figura, as forças que atuam sobre o copo nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



04. Inclina-se a superfície mais um pouco, em relação à horizontal, até que o copo começa a escorregar sobre ela com uma velocidade constante. Desenhe, na própria figura, as forças que atuam sobre o copo nessa situação, explicando quem exerce cada força que nele atua.



05. Em um trabalho de pesquisa de Física, um aluno obteve a seguinte resposta para uma questão:

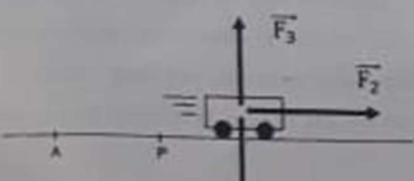
1. O carrinho ao lado é impulsionado sobre uma mesa horizontal, de A até P (veja figura). Após o ponto P ele perde o contato com quem o empurrou. Se fosse possível eliminar todos os atritos e resistências o que aconteceria com o carrinho depois do ponto P?

a) Atingiria o final da mesa com uma velocidade maior do que em P.
 b) Atingiria o final da mesa com velocidade menor do que possuía em P.
 c) Atingiria o final da mesa com a mesma velocidade que possuía em P.
 d) Não atingiria o final da mesa.

(a) qual a sua explicação para isto?

Não havendo nada para gastar sua velocidade ele prossegue o movimento sem alteração da velocidade.

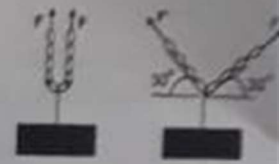
(b) Indique, através de setas no diagrama ao lado, as forças que atuam sobre o carrinho, nomeando cada uma e dizendo quem é o responsável pelo aparecimento de cada força e qual o seu efeito.



\vec{F}_1 = força peso, exercida pelo planeta Terra que puxa o carrinho para baixo;
 \vec{F}_2 = força de impulso, transferida por quem empurrou o carrinho, responsável por seu movimento;
 \vec{F}_3 = força de sustentação, exercida pela mesa, que não deixa o carrinho cair.

Está correta a resposta do entrevistado? Justifique sua resposta, utilizando argumentos da Física que você aprendeu.

06. A figura ao lado ilustra duas situações nas quais podemos sustentar um objeto, sendo que na primeira fazemos uma força F e na segunda F' . Analisando as situações o que você pode dizer sobre a relação entre F e F' ?



07. Luiz, que possui uma massa de 60kg, e Marcelo, que possui uma massa de 80kg, encontram-se de patins sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, como mostra a figura ao lado. Em um determinado momento Luiz começa a puxar gradativamente a corda que une os dois.



- A força que Luiz faz (na corda) é maior, menor ou igual que a força que Marcelo faz?
- Quem se moverá primeiro?

08. (UFF/Modificada) Na prova de "lançamento de martelo" nas Olimpíadas, o atleta coloca o martelo para girar e o solta quando ele atinge a maior velocidade que consegue imprimir. Suponha que o martelo execute uma trajetória circular e horizontal, de modo que a figura ao lado representa esquematicamente esta trajetória vista de cima, enquanto o atleta o acelera, e o ponto A é aquele no qual o martelo é solto.



Assinale a opção que representa corretamente a trajetória do martelo, vista de cima, logo após ele ser solto.



09. O "cabo de guerra" é uma prova onde os oponentes exercem forças em uma mesma corda puxando o adversário para que ele ultrapasse a linha demarcada no chão. Será uma prova justa se o oponente da direita estiver sobre um piso de cimento e o da esquerda estiver sobre um piso de lama? Explique o motivo.



10. Suponha que uma balança é regulada para registrar o valor do peso dos objetos que se apoiam sobre sua base. Se uma pessoa subir nessa base, mas estiver apoiada em uma bengala que encosta no chão (como mostra a figura ao lado), ela registrará o valor correto, um valor menor ou um valor maior do que o peso dessa pessoa? E se a bengala for apoiada na base da balança? Explique seu raciocínio.



ANEXO F

ENTREVISTAS

F. AS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

Ao final do ano letivo de 2019 realizamos uma série de entrevistas com os atores envolvidos em nossa investigação: os pibidianos, os professores-supervisores e o coordenador do grupo. Cada qual participando de uma entrevista semiestruturada com base em questionário próprio, apresentado a seguir.

F.1 - I. ENTREVISTA COM OS PIBIDIANOS

Quanto a quem fala:

1. Qual o seu nome e idade?
2. Onde mora // Gasta muito tempo diário em condução/deslocamento?
3. Em que período você se encontra no seu curso?
4. Onde estudou no ensino médio?
5. Quando você entrou para o Pibid?
6. O que você achou de sua experiência no Pibid até aqui?

Quanto à sua atuação:

7. Você já havia tido alguma experiência com o magistério antes do Pibid? (aulas particulares, monitorias?)
8. Em qual escola você atua/atuou?
9. Quais as turmas que acompanhou?
10. Quando você iniciou efetivamente sua atuação com os alunos no Pibid?
11. O que você pode dizer sobre sua atuação junto a esses alunos? Era igual em todas as turmas?
12. Você percebeu mudanças em seu comportamento na interação com os alunos?
13. Caso afirmativo, Você tem consciência sobre que mudanças ocorreram?
14. Comparando as turmas que você acompanhou, o que pode dizer sobre o comportamento dos alunos no geral?
15. Reparou em alguma mudança no comportamento/atuação de alguma das turmas em especial?
16. Reparou em alguma mudança no comportamento/atuação de algum aluno em especial?
17. Há algum caso (com algum aluno) que particularmente tenha lhe chamado a atenção?
18. O que você diria que mais te marcou em sua interação com os alunos?

Quanto ao professor-supervisor:

19. Quando você conheceu o professor-supervisor da escola em que você atuou?
20. Qual foi a primeira impressão que você teve do seu professor-supervisor?
21. Em que aspectos essa impressão (sobre o professor-supervisor) sofreu alteração ao longo do tempo?
22. Algo na conduta do professor-supervisor te chamou a atenção?

23. Alguma mudança nessa conduta te chamou a atenção?
24. O que você poderia dizer sobre a atuação do professor-supervisor junto aos alunos?
25. Essa atuação foi diferente em diferentes turmas? Se sim, em que aspectos?
26. O que mais te chamou a atenção nas aulas que observou?
27. O que mais te surpreendeu nas aulas que observou?

Quanto aos encontros semanais dos pibidianos:

28. O que mais te chamou a atenção e/ou te marcou nos encontros semanais com o grupo do Pibid?
29. Nesses encontros trabalhamos inúmeros assuntos, você tem lembrança de algum(ns) em especial?
30. O que você entende por Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo (CPC)?
31. Você seria capaz de citar 3 desses CPC?
32. Você considera algum CPC como essencial para um prof. de Física no nível médio?

Você gostaria de falar alguma coisa que considera importante para colaborar com o nosso trabalho?

F.2. - II. ENTREVISTA COM OS PROFESSORES-SUPERVISORES

Quanto a quem fala:

1. Qual o seu nome e idade?
2. Sua formação: como foi, onde foi, quando foi etc?
3. Há quanto tempo você atua no magistério da Física no nível médio?
4. Onde mora // Gasta muito tempo diário em condução/deslocamento?
5. Quantas aulas ministra atualmente por semana? Em quantas escolas?
6. Você exerce outra atividade além do magistério?

Quanto ao Pibid:

7. Quando você entrou para o Pibid?
8. Em que escola atua com o Pibid? Há quanto tempo?
9. Quais de suas turmas você selecionou para participar do Pibid? Todas?
10. Como foi essa seleção? Quais os critérios utilizados?
11. O que você achou de sua experiência com o Pibid até aqui?
12. Tem alguma crítica e/ou comentário a fazer sobre o Pibid?

Quanto aos pibidianos:

13. Quando efetivamente os pibidianos começaram a atuar sob sua supervisão?
14. O que você pode dizer sobre essa atuação?

15. E sobre a atuação deles junto aos alunos? Era igual em todas as turmas?
16. Você percebeu mudanças no comportamento dos pibidianos ao longo do tempo?
17. Caso afirmativo, saberia especificar/exemplificar essas mudanças?
18. Há algum caso (com algum pibidiano) que tenha particularmente lhe chamado a atenção?
19. O que você diria que mais marcou a atuação dos pibidianos junto aos alunos?
20. Alguma coisa nessa atuação dos pibidianos te surpreendeu?
21. Comparando as turmas, o que pode dizer sobre o comportamento dos alunos, no geral?
22. Reparou alguma mudança nesse comportamento em alguma turma em especial?
23. No segundo bimestre de 2019, iniciamos propriamente nossa intervenção junto aos pibidianos. Você reparou alguma mudança no comportamento deles a partir desse ponto?
24. Em sua opinião, há algum fato que tenha te surpreendido na atuação dos alunos que possa ser atribuído aos pibidianos?

Quanto aos Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo (CPC):

25. O que você entende por Conhecimentos Pedagógicos do Conteúdo (CPC)?
26. Você seria capaz de citar 3 desses CPC?
27. Você considera algum CPC como essencial para um prof. de Física no nível médio?

Você gostaria de falar alguma coisa que considera importante para colaborar com o nosso trabalho?

F.3 - III. ENTREVISTA COM O COORDENADOR

Quanto ao Pibid

1. Quando você iniciou sua participação no Pibid?
2. Sempre esteve envolvido com a Coordenação?
3. Como foi feita a seleção das escolas participantes?
4. O Pibid te surpreendeu de algum modo?

Quanto aos pibidianos

5. Com que critérios foi feita a seleção dos pibidianos?
6. Como foram definidos esses critérios?
7. Você percebeu mudanças no comportamento dos pibidianos ao longo do tempo?

8. Caso afirmativo, saberia especificar/exemplificar essas mudanças?
9. Há algum caso (com algum pibidiano) que tenha particularmente lhe chamado a atenção?
10. Alguma coisa nessa atuação dos pibidianos te surpreendeu?
11. No segundo bimestre de 2019, iniciamos propriamente nossa atuação com os pibidianos, você reparou alguma mudança no comportamento deles a partir desse ponto?

Quanto aos supervisores

12. Com foi feita a seleção dos professores-supervisores?
13. Qual a sua percepção sobre a atuação dos supervisores junto aos pibidianos?
14. Há algum caso (com supervisor) que tenha particularmente chamado sua atenção?
15. Houve alguma atitude de supervisor que te surpreendeu?

Quanto aos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo

16. Olhando pelo prisma dos CPCs, você conseguiria identificar alguns que nitidamente foram trabalhados com esses pibidianos?

Infelizmente não conseguimos recuperar os dados obtidos com estas entrevistas, razão pela qual apenas apresentamos as questões que nos serviram de referência quando de sua aplicação.

ANEXO G

RESULTADO DOS ALUNOS

G.2. RESULTADO DA APLICAÇÃO DAS QUESTÕES EXPLORATÓRIAS QUANTO À RELAÇÃO FORÇA X MOVIMENTO

Levantamento feito por [REDACTED] e [REDACTED] sobre o índice de acertos da lista de questões exploratórias sobre força e movimento. Em um total de 35 listas analisadas:

Questão 01: 12 acertos

Comentário: A primeira questão envolve a análise da velocidade de um carrinho após ser solto da mão do agente da força. Nessa questão, a quantidade de acertos foram 12/35, alguns alunos justificaram cada uma das alternativas. A maioria imagina que a velocidade do carrinho diminui mesmo sem atrito.

Questão 02: 15 acertos

Comentário: Nessa questão nem todos os 15 acertaram a questão integralmente. Apenas 12/15 colocaram a força peso e normal na figura, os demais, não entenderam que o objeto está em equilíbrio na vertical e, assim, surge uma força contrária ao peso para equilibrar o sistema. Contudo, alguns alunos ainda têm como verdade a teoria do ímpeto. Logo, acrescentando uma "força de impulso".

Questão 03: 9 acertos

Comentário: Analisando as respostas, cheguei a conclusão que parte do erro é a falta de atenção ao enunciado. Pois os alunos não estão associando velocidade constante a equilíbrio. Muitos responderam que o peso e a força de sustentação são iguais, porém como há o movimento horizontal, pensam que tem que haver uma força resultante nessa direção.

Questão 04: 6 acertos

Comentário: Apenas um aluno da turma 1005 marcou a alternativa correta, e os outros acertos foram todos da 1001. Acredito que o motivo desse índice de acerto seja por causa do senso comum dos alunos, ao qual os leva acreditar que deve haver força resultante para o avião subir.

Questão 05: 14 acertos

Comentário: Foi percebido grande presença da teoria do ímpeto. Atribuindo forças inexistentes para explicar o movimento da caixa. Também não havia o conceito de equilíbrio, então muitos colocaram a força peso sem a de sustentação, ou colocaram na primeira situação, mas não nas seguintes. No item (II), apenas 8 alunos não responderam, 13 tem um conceito "correto" sobre o porquê da caixa parar, enquanto 11 escreveram sobre resistência do ar, peso do objeto e sobre a força que empurrava a caixa deixar de existir.

Questão 06: (a) 12 acertos (b) Zero acerto (c) 6 acertos

Comentário: Nessa questão a maioria não soube interpretar o que foi solicitado. Houveram respostas que adicionam ação de uma força inexistente de maior ou menor intensidade para o deslocamento das bolas na vertical.

Questão 07: (a) 19 acertos (b) 8 acertos

Comentário: No item (a) teve um grande número de acerto. No entanto, o item (b), os alunos parecem ter associado que maior a velocidade resulta numa força maior.

Questão 08: 4 acertos

Comentário: Foi considerado qualquer representação de força atuando na bola. Uma análise mais aprofundada possibilita afirmar a presença da teoria do ímpeto.

Questão 09: (a) 9 acertos (b) Zero acertos

Comentário: Houveram 9/35 respostas em relação a trajetória correta, os demais não responderam ou representaram a mesma trajetória. No item (b), todos os alunos que responderam alegaram existir força.

Questão 10: (a) 7 acertos (b) 2 acertos

Comentário: No item (a), apenas 7/35 responderam corretamente. Os outros alunos justificaram que a moeda cairá para frente ou para trás. No item (b), a maioria das respostas divergiram que para frente ou para trás, há necessidade de fazer mais força.