

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS BENTO GONÇALVES
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**A ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA ANTIGA TEORIA
QUÂNTICA NOS LIVROS DE ENSINO MÉDIO DO PLANO
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2015**

HIGOR EDEMUNDO SILVA DE CAMPOS

Bento Gonçalves, Novembro de 2014

Higor Edmundo Silva de Campos

**A ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA ANTIGA TEORIA
QUÂNTICA NOS LIVROS DE ENSINO MÉDIO DO PLANO
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2015**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a aprovação no componente curricular Prática de Ensino de Física IV.

Orientador: Prof. Paulo Vinícius dos Santos Rebeque

Bento Gonçalves, Novembro de 2014

Higor Edmundo Silva de Campos

A ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA ANTIGA TEORIA QUÂNTICA NOS LIVROS DE
ENSINO MÉDIO DO PLANO NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2015

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a aprovação no componente curricular Prática de Ensino de Física IV.

Orientador: Prof. Paulo Vinícius dos Santos Rebeque

Aprovado em 27 de Novembro de 2014

Prof. Ms. Paulo Vinícius dos Santos Rebeque - Orientador

Prof.Ms. Eduardo Fernandes Sarturi – Coorientador

Prof. Ms.Camila Riegel Debom – Coordenadora do Curso

Prof.Ms.Maurício Henrique de Andrade – IFRS Câmpus Bento Gonçalves

Prof.Ms. Onorato JonasFagherazzi - IFRS Câmpus Bento Gonçalves

Aos meus pais Jandira e Pedro
meus amigos e camaradas

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a toda a minha família: Jandira e Pedro (pais), Gardel, Cíntia e Viviane (irmãos), e todo o resto da família Silva e Campos. Eles sempre estiveram comigo, e gosto muito deles especialmente meus pais.

Agradeço a todos os professores que ao longo dos últimos cinco anos contribuíram na minha formação acadêmica. Em especial agradeço as professores Paulo e Eduardo que, estiveram junto comigo nessa última, e difícil empreitada, mas levo um carinho por todos os professores do corpo docente do curso de física, que em algum momento me ajudaram, e fizeram que me apaixonasse pela física.

Por fim agradeço a todos meus amigos de Caxias que me ajudaram muito a crescer em quanto cidadão por muitas batalhas enfrentadas no movimento estudantil e social, aos meus amigos mais chegados que um dia voltarão a fazer “um som” comigo, e a meus amigos de infância. Não poderia de deixar de falar dos amigos que fiz em Bento, principalmente no meu trabalho e no IFRS, que me ajudaram muito em alguns momentos difíceis na minha passagem por Bento, claro o povo que morou comigo, Mario e o Marquinhos, por ter que me aturar todo o dia, e a galera da Física, em especial o Thiago e a Gabriela, meus colegas de Diretório Acadêmico, a Cátia e a Fernanda, sempre parceiras, a Jordana, Rodrigo Cainelli, Juliano, David, Tamára, Marina, e a Carol por terem me ajudado em algum momento desses cinco anos de física.

Muito Obrigado.

RESUMO

Esse trabalho apresenta uma avaliação dos livros didáticos do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, no que se refere à abordagem da história da antiga teoria quântica. A estratégia escolhida para fazermos essa avaliação foi basicamente estudo em algumas referências dessa área, história da física quântica, a fim de melhor poder avaliar as obras, estudo de livros e artigos que debatem a melhor forma de se escrever sobre história da física, e a elaboração de uma ficha de avaliação desses livros. Além disso, também pensamos em delimitar a área de pesquisa desses livros, a fim de poder fazer uma pesquisa qualitativa e também poder fazer essa pesquisa em tempo hábil. Por esse motivo, foi escolhido fazer a avaliação da primeira e a segunda escolha de livros didáticos das escolas públicas (municipal, estadual e federal) do município de Bento Gonçalves. Nesse trabalho serão apresentadas algumas reflexões sobre os resultados dessa pesquisa, a inserção da história da física nos livros de ensino médio, e a busca de um ensino de física ligada à vida do estudante, interdisciplinar, e buscando o lado pesquisador e cidadão desse aluno. Não será foco deste trabalho fazer julgamentos parciais com alguma obra, editora ou autor, sendo que nas avaliações não serão apresentados os nomes dos livros avaliados. Seremos críticos, mas buscando um ensino de física mais humanista e menos pragmático.

Palavras chave: Física Quântica, Livros, História da Física.

ABSTRACT

This paper presents an evaluation of the textbooks of the National Plan for Textbooks 2015 in relation to the history of the old quantum theory approach. The strategy chosen to do this evaluation study was basically some references to this area, the history of quantum physics in order to be better able to evaluate the works, the study of books and articles that discuss the best way to write about the history of physics and the development of an evaluation form of these books. In addition to that, it was delimited the area of research these books so as to make a qualitative research and also to be able to do this research in a timely manner. For this reason, it was chosen to make the evaluation of first and second choice of textbooks from public schools (municipal, state and federal) in the city of Bento Gonçalves. In this paper will be presented some reflections on the results of this research, besides the inclusion of the history of physics high school books and the search for a physics teaching related to student life, interdisciplinary, searching the analytical citizen side of the student. The focus of this work will not be make partial judgments of any work, author or publisher, and the names of the analyzed books will not be submitted. We will be critics, but seeking a more humanistic teaching than pragmatism.

Keywords: Quantum Physics, Books, History of Physics.

SUMÁRIO

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

Qual o papel da física na construção da história da humanidade? Parece até um pouco conflitante pensarmos em um ramo da ciência tão exato, trazendo um impacto histórico na consolidação da sociedade humana durante os tempos. Mas se avaliarmos de forma mais criteriosa, a física é um pilar de suma importância no desenvolvimento humano.

Querer atribuir a física um caráter monolítico, e mesmo pragmático é um pouco perigoso, pois muitas coisas que aconteceram na história tiveram contribuições importantíssimas da ciência e da física. Podemos citar como exemplo o movimento renascentista, que teve uma gama de físicos da época que endossaram esse pensamento, entre eles Isaac Newton. Podemos citar também que o estudo da termodinâmica, mais especificadamente o desenvolvimento das máquinas térmicas, que foi um braço muito importante para a consolidação da industrialização na Europa e por consequência do capitalismo em expansão.

Se notarmos bem, muitos fatos históricos foram acompanhados de descobertas ou mesmo revoluções científicas. Então porque ainda hoje, em 2014, o estudo da física e da história é tão distante na estrutura escolar. Isso se deve por uma instrumentalização da escola para dar apenas um treinamento básico para o futuro proletariado. A função da escola desse tipo de pensamento é tornar a pessoa mão de obra para as indústrias, sendo que isso se reflete nas posições modestas atribuídas à educação no nosso país.

Pense bem, se o conteúdo de física fosse mais instigante, isso é menos fórmulas e contas, e mais interdisciplinar, conteúdo questionador sobre o impacto dos estudos da física, preocupação com a sustentabilidade e com a pesquisa, e ainda buscando os recursos mais modernos para incrementar as aulas, os alunos se tornariam mais interessados e até mais independentes. Mas o mercado de trabalho necessita de mão-de-obra imediata, e para isso um estudante pouco motivado cai como uma luva, pois esse tipo de aluno, no futuro, vai apenas pensar em como se manter e como sustentar sua família. Além disso, para fornecer uma educação, como foi descrita acima, teríamos que ter um investimento mais pesado por parte do estado brasileiro, o que infelizmente ainda está longe do ideal. Buscando fazer esse debate, estamos apresentando este trabalho.

A proposta desse documento, é trabalhar em cima de uma coisa que para nós é consenso: a história da física deve ser abordada de alguma maneira nas aulas de física do ensino médio, pois esse é um dos canais para um ensino física mais progressista. Pensando

nisso, começamos a pensar em uma pesquisa relacionada a esse assunto. Surgiu uma infinidade de perguntas, que poderiam gerar uma pesquisa acadêmica, mas tínhamos que se concentrar em uma, ea pergunta que foi escolhida é: como está inserida a história da física nos livros didáticos? Essa escolha ocorreu porque os livros didáticos, por força de uma lei federal, estão em todas as escolas públicas para o uso dos alunos, além de ser uma referência para o planejamento das aulas por parte de muitos educadores dessas escolas. Por isso, uma abordagem descomprometida ou mesma inexistente nas obras, da história da física, é um fato grave.

Para termos resultados bons nessa pesquisa, delimitamos o raio dessa pesquisa fazendo dois recortes, sendo o primeiro que nós iríamos pesquisar a história da física relativa ao estudo do conteúdo da chamada antiga teoria quântica (1900-1925), o segundo recorte que nós iríamos pesquisar os livros didáticos, referentes ao Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, das escolas públicas da cidade de Bento Gonçalves.

A primeira delimitação de pesquisa se deve, por entendermos esse período histórico como muito fértil, isto é, a história da física e mesmo a história da humanidade nesse período tem muito material para servir de referência, e por consequência muitos fatos foram relatados nesse período. Além disso, esse recorte histórico é curto, o que nos permite análise qualificada no curto período que foi estipulado, pelo IFRS Campus Bento Gonçalves, para finalizamos esse trabalho.

O segundo recorte chegou por uma necessidade de apresentarmos um retorno de nossa graduação, em licenciatura em Física, para a cidade de Bento Gonçalves. O campus da nossa faculdade de física se localiza nessa cidade, e muitas escolas foram parceiras durante todo nosso processo de graduação, como por exemplo, nas disciplinas de estágio. Por esse motivo fazer uma análise em cima dos livros que as escolas de Bento escolheram é um retorno para as escolas e para a cidade. Além disso, também é importante dizer que o número de escolas públicas de ensino médio da cidade é relativamente pequeno, o que permitiu uma pesquisa com um cunho qualitativo, fazendo questionamentos mais elaborados sobre essas obras.

Por fim, estamos comprometidos em fazer uma boa análise sobre a história da física nos livros do PNLD 2015, mas de forma responsável. Buscamos uma forte base bibliográfica, um estudo atento aos artigos e textos que abordam esse assunto, e referências sérias nas páginas da internet a fim de oferecer um material respaldado. Não é objetivo desse trabalho perseguir nenhum autor, editora, ou obra por fornecer algum ponto de vista conflitante com a

proposta desse trabalho. Apenas queremos que toda a comunidade acadêmica tenha uma visão nítida sobre a abordagem da história da física nos livros didáticos de física no ensino médio.

2. JUSTIFICATIVA

Existe um debate muito frequente quando nós estamos estudando ensino de física, que é qual a melhor maneira de fazer isso, de dar uma “aula de física”. Vamos refletir, todos nós viemos de um modelo escolar conservador, ainda hoje muito enraizado nessas práticas, e uma estrutura antiga de ensino de física, onde as aulas são expositivas e altamente centradas na parte matemática. Não estamos falando aqui que essa estrutura não tem importância, mas ela certamente deve ser revista.

É comum em aulas de física conservadoras, do ensino médio, os estudantes questionarem qual é a real importância do conteúdo estudado. É muito fácil entender essas perguntas, pois existe uma preocupação por parte do professor em fazer um grande número de exercícios, e fazer com que os alunos memorizem as “fórmulas”, mas sem a preocupação de trazer um conteúdo questionador, intrigante, que desperte o lado pesquisador do estudante, e que ainda seja conectado com a realidade dos alunos.

Com uma matéria altamente pragmática, o estudante acaba por se tornar apenas um “resolvedor” de exercícios, mas sem entender o fenômeno estudado, como se chegou nesses tipos de fenômenos, e onde ele encontra o conteúdo estudado na sua vida. Esse tipo de situação certamente ajuda na falta de mobilização do aluno, e o torna apenas mão-de-obra, minimamente treinada para o mercado de trabalho. Muitas vezes por falta de perspectiva o estudante também acaba por tomar o rumo mais fácil, que é a evasão momentânea, e mais tarde voltam como alunos do EJA.

Sabe-se que os problemas da evasão escolar e a educação como um todo são mais complexos, mas a estrutura conservadora das aulas de física, como as de todas as ciências exatas ajuda nesse processo. É muito comum, que o professor também não busque a interdisciplinaridade entre os conteúdos, muitas vezes fazendo campanha contrária a esse tipo de prática. Na mente desses educadores é importante vencer o conteúdo, pois os alunos têm o ENEM no fim do ensino médio, então não se deve perder tempo com atividades que busquem a consciência cidadã, interdisciplinaridade, física experimental e outras propostas para não desvirtuar as aulas e atrasar as mesmas.

Esse trabalho apresentado tem um viés de pesquisa acadêmica, pois é um resultado de cinco anos de estudos no curso de Licenciatura em Física do IFRS Campus Bento Gonçalves, mas também escolhe o tema “história da antiga teoria quântica” por entender a importância de se estudar a história da física no ensino médio. Esse tipo de abordagem na sala

de aula além de fugir da maneira tradicional de ensino, desperta o lado questionador do estudante a partir da compreensão de como aconteceram algumas das mais importantes descobertas científicas na história.

Com esse intuito, esse documento buscou-se avaliar como está abordada a história da física nos livros didáticos do PNLD 2015, por entender que o livro estará dentro das escolas, e pode ser uma porta de entrada para história física nas aulas, desde que essa esteja da maneira correta. Avaliando as referências desse trabalho, ouvimos muitas vezes que passar lendas ou contos de física não é a maneira mais correta para abordar esse tema. Além disso, a história da física deve estar amparada por boas referências, sendo que existe muita caracterização de história da física vindo do senso comum, que poder ser perigoso além de estar incorreta essa abordagem. Não podemos esquecer que na caracterização dos livros existem alguns aspectos legais que também serão avaliados. A importância de uma abordagem correta da história da física está presente no artigo “Arquimedes e a Coroa do Rei: Problemas Históricos” de Roberto de Andrade Martins (2000):

Questões relativas a um passado remoto devem ser discutidas com base em documentos, testemunhos e objetos associados àquele passado remoto. Além, disso, questões envolvendo a História da Ciência estão sujeitas a uma análise que leva em conta o próprio conhecimento científico atual, uma vez que uma análise anacrônica (embora criticável sob outros aspectos) é válida para tentar-se determinar se um fenômeno é possível ou plausível. (MARTINS, 2000, p.116)

Além dessa parte mais técnica, esse trabalho busca avaliar nos livros se existe inserção interdisciplinar, pois temos um debate altamente moderno, no meio acadêmico, que a física não é uma ilha, ela está inserido no contexto do desenvolvimento da humanidade e da sociedade. Por isso é foi buscado, nos livros avaliados, contribuições de fora da física, como filosofia, história e sociologia.

Por fim, devemos destacar que esse trabalho também se preocupou em fazer todo essa pesquisa para dar um retorno acadêmico para a cidade de Bento Gonçalves. Por esse motivo todos os livros avaliados são a primeira e a segunda opção das escolas públicas de Bento Gonçalves para física no PNLD 2015. Essa preocupação se justifica por entender que nós temos que fazer um trabalho que possa retornar algum tipo de contribuição positiva no desenvolvimento da educação no município. Além disso, aumentar muito o leque de livros avaliados, e o raio de ação de nossa pesquisa, poderia ser perigoso, já que o tempo definido pelo IFRS Campus Bento Gonçalves, no curso de física, é relativamente curto, o que nos deixou com uma estratégia, para esse trabalho, de fazer algo significativo para a comunidade, mas dentro das nossas possibilidades.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. CONJUNTURA HISTÓRICA DO PERÍODO DO SURGIMENTO DA FÍSICA QUÂNTICA – O IMPERIALISMO EM EXPANSÃO

O princípio do século XX será a época histórica onde aparecerão os estudos da física quântica. Esse período é marcado pela consolidação do capitalismo como sistema econômico predominante no mundo, e a fortificação da democracia nos países.

Já no final do século XIX temos indícios de como se caracterizará o século XX. Nesse momento histórico acontecerá a transição do capitalismo colonial para o imperialista capitalista das grandes potências. Ainda nesse período teremos a ascensão da União Soviética como potência do bloco socialista. Ao longo desse século a disputa do bloco capitalista liderado pelos E.U.A contra o bloco socialista, encabeçada pela U.R.S.S, comandará as ações e as modificações dos outros países. Mas nesse momento vamos nos ater ao fim do século XIX e começo do século XX.

O colonialismo, que teve seu início no século XV, entra numa nova fase no século XIX. Antes do século XIX, o colonialismo dos estados europeus, se resumia a conquistas de territórios no mundo. Apesar desses países europeus terem superioridade naval e militar, o colonialismo não retornou uma supremacia econômica ou tecnológica para esses países. Isso se justifica no modo como era operado o colonialismo que era muitas vezes apoiado na ocupação e colonização do território conquistado. Essa fraqueza de dominação é muito bem abordada pelo sociólogo Emir Sader(2000), no seu livro “Século XX. Uma Biografia não Autorizada”:

A superioridade inicial dos colonizadores europeus foi naval e militar. Ainda assim, a única região do mundo conquistada pelos europeus foi a América. Na Ásia e na África os europeus só conseguiram estabelecer seu domínio sobre alguns portos até o século XVIII. Em países como a China e o Japão, eles só conseguiram estabelecer postos de comércio com autorização das autoridades locais. A relativa fraqueza da dominação europeia se revelou com toda força quando não puderam impedir a independência dos EUA e, mais tarde, dos países da América Latina. (SADER, 2000, p.42)

Mas ao poucos, ao longo do século XIX, a superioridade militar se transformou em superioridade econômica sobre os países que mais tarde serão conhecidos como o “terceiro

mundo”. Esse processo aconteceu sobre bases capitalistas, principalmente o monopólio de comercialização de produtos do país dominado com seu dominante. Esse foi o principio do que chamamos hoje de imperialismo das grandes potencias mundiais, pois existia um nicho de países que tinham monopólios comerciais com países da dita “periferia mundial”. A caracterização desses monopólios é muito bem abordada por Emir Sader (2000):

Do ponto de vista econômico, os monopólios substituíram em grande escala e em todos os ramos a competição relativamente aberta entre as empresas. A internacionalização da economia e a produção em escalas cada vez maiores fizeram dos monopólios os grandes sujeitos do processo econômico, relegando as centenas de milhares de pequenas e médias empresas a papel marginal, coadjuvante e irregular (SADER, 2000, p.45)

Para melhor entendermos como o fator imperialista teve impacto no século XX, podemos citar o surgimento do E.U.A. como grande potencia. Esse país se encontra em expansão tecnológica e industrial desde 1885, inclusive competindo economicamente com a hegemônica Inglaterra, além de ser muito destacado mundialmente pela exportação de grãos. Mas em 1898, os E.U.A. se consolidam como potencia imperialista ao vencer a Espanha e ter o controle sobre os territórios Cuba, Porto Rico, Filipinas e ilhas Guam. Esse acontecimentos é retrato do domínio dos E.U.A. sobre o continente americano, que ficará mais forte ao longo do século XX, sendo que o objetivo dessa dominação é monopólio econômico e controle de riquezas fundamentais como os minerais.

Esse fenômeno imperialista foi muito forte na Europa, principalmente na Inglaterra, Bélgica, Alemanha, França, Portugal, Espanha e Itália. Esse fator fez com que aumentassem o número de países controlados no inicio do século XX, e também fez que aumentasse a ambição por controle de territórios já dominados. Esse fato histórico é muito bem abordado por Sader(2000):

Os territórios controlados pelas potências européias aumentaram dez vezes de 1860 a 1914, passando de um total de 145 milhões para 568 milhões de habitantes, sem incluir ainda o Oriente Médio, que estava em disputa. A extensão total dos territórios dominados pelas potências imperialistas européias chegava a 90% do território da África, a 56% do da Ásia e a 99% do da Oceania. (SADER, 2000, p.45)

A conjuntura desse choque de interesses foi o principio da primeira guerra mundial. Duas das potencias imperialistas, Alemanha e Inglaterra, formaram blocos nessa guerra onde o principal interesse era a dominação de territórios na Ásia e África para exploração de

recursos naturais. Esse conflito terminaria na segunda guerra mundial, onde entraram outras questões de cunho ideológico e humano.

Ao fim desses conflitos E.U.A. e a U.R.S.S. saíram como grandes países hegemônicos, sendo que a Inglaterra, apesar de vitoriosa na guerra, teve seu posto de grande potência capitalista transferida para os norte americanos. O caso da União Soviética teve outro viés, mas no fim resultou em um país imperialista, mas com características comunistas.

Os russos, em meio a primeira guerra mundial, tiveram seu processo de revolução, apoiada pela classe trabalhadora. Esse processo, liderado por Lênin, usou como sistema econômico bases estudadas por Karl Marx e Engels. A idéia era de um estado forte, com indústria e agricultura de consumo próprio, sendo que o governo deve gerar disponibilizar ao proletariado todas as condições de sobrevivência para o mesmo e sua família. Em contrapartida o proletariado deve trabalhar e estudar para o desenvolvimento do estado comunista.

Essas características comunistas a principio foram completamente conflituosas com o capitalismo em expansão no mundo, e foram duramente demonizadas. Mas com o avanço do eixo Nazista/Facista na Europa, durante a segunda guerra mundial, fez com que o E.U.A e Inglaterra buscasse união com a comunista União Soviética. Ao fim da segunda guerra a Inglaterra entra em recessão fazendo com que o domínio das áreas que eram dos países derrotados, ficasse dividido entre E.U.A e U.R.S.S. Assim surgiu o imperialismo comunista da U.R.S.S principalmente no leste europeu, que serviu de base para outras revoluções comunistas em outros países ao longo do século XX

3.2. O BRASIL NO INÍCIO DO SÉCULO XX

O fim do século XIX, no Brasil, é marcado pelo fim do modelo monárquico e começo da república Brasileira. Essa mudança não resultou em um avanço significativo em termos industriais, tecnológicos e mesmo econômico. O Brasil trazia resquícios de um longo período de domínio português. Enquanto toda a América, a partir do fim do século XVIII, era tomada por processos de independência, o Brasil continuava uma mera colônia de Portugal.

Isso deixou marcas na jovem república brasileira, que se atrasou em relação ao resto do mundo.

Uma prova disso era à base da economia brasileira, ainda fortemente apoiada na monocultura, fazendo do Brasil um país essencialmente agrário. Essa característica estava na contramão do resto do mundo que buscava a industrialização e o desenvolvimento tecnológico. Essa sociedade agrária também interferiu na democracia brasileira, já que os grandes proprietários rurais interferiam diretamente na política do país, no que foi chamado o coronelismo.

É bom dizer, a democracia Brasileira nesse período era bem diferente do que temos hoje. Não existia uma justiça eleitoral, isso fazia os processos eleitorais muito questionáveis, além do voto de “cabresto”. Esse tipo de democracia foi denominado de política café com leite, já que os grandes coronéis concentraram-se em São Paulo e Minas Gerais, estados com forte predomínio na cultura da pecuária e monocultura do café. Com esse sistema político implantado, o estado brasileiro não era muito diferente da antiga monarquia, já que o estado era altamente instrumentalizado para privilegiar os coronéis em detrimento do resto do povo brasileiro.

Esse tipo de ação política do estado só fez aumentar a desigualdade social no Brasil, que já era grande. Nos países onde houve considerável desenvolvimento tecnológico e social, a base para isso foi o capitalismo industrial. É bom dizer que mesmo nesses lugares, existia a desigualdade social, pois essa é uma característica básica do capitalismo, mas a industrialização forçou esses países a investirem no desenvolvimento tecnológico e na formação profissional. Com isso houve desenvolvimento educacional, uma coisa não priorizada no Brasil no início do século XX.

Essas características, de desigualdade social, obtidas pelo estado brasileiro se devem, além da concentração da renda nos coronéis, pelo atrasado processo de abolição da escravidão, que se deu em 1888. Quando isso aconteceu, aconteceu a inserção de trabalhadores negros na economia, mas esses tinham que disputar as vagas de empregos, na maioria na agricultura, com imigrantes e brasileiros menos abastados. Como havia ainda uma real discriminação racial, os negros enfrentavam inúmeras dificuldades financeiras, o que fez aumentar bastante os pobres e miseráveis brasileiros.

A união desses fatores fez com que o Brasil não tivesse destaque na área científica, de pesquisa e muito menos na Física. Podemos citar uma ação isolada que a contribuição de Roberto Landell de Moura (1861-1928). Natural de Porto Alegre, ele teve uma ótima educação, sendo que dedicou muito da sua vida para a igreja, pois foi padre-cientista, mas além dessa disposição para a religião, outra característica marcante desse gaúcho foi a paixão pela física e a química. Landell de Moura tem muitos trabalhos ligados a experimentos com ondas eletromagnéticas, principalmente em transmissão de ondas rádio, sendo que destacamos que ele desenvolveu equipamentos, devidamente patenteados em seu nome, em 1904 de telegrafia e telefonia sem fio, como mostra este trecho que se encontra no memorial Landell de Moura:

Obtém três patentes no *The United States Patent Office, em New York*, Estados Unidos: “Transmissor de Ondas” - precursor do rádio, a 11 de outubro de 1904, patente de nº. 771.917; “Telefone sem fio” e “Telégrafo sem fio”, a 22 de novembro de 1904, patentes de nºs. 775.337 e 775.846. Nas patentes agrega vários avanços técnicos como transmissão por ondas contínuas, por meio da luz, princípio da fibra óptica e por ondas curtas; e a válvula de três eletrodos, peça fundamental no desenvolvimento da radiodifusão e para enviar mensagens. (Disponível em <memoriallandelldemoura.com.br> Acesso em 6 nov 2014)

Em homenagem a esse brasileiro, foi-lhe atribuída à honra de ser considerado Patrono do Radioamadorismo do Brasil. Landell de Moura com certeza foi um exceção, por causa dos problemas já debatidos nesse capítulo, sendo que essa realidade de pouca inserção brasileira no meio científico ainda ia apresentar muitos capítulos. Mas com a consolidação da sociedade no Brasil, ao longo do século XX, algumas pessoas começaram a questionar e buscar alternativas para fazer do país também um foco de pesquisa científica. Podemos citar os físicos José Leite Lopes (1918-2006) e César Lattes (1924-2005), que além de conquistar destaque mundial por seus trabalhos, ainda buscaram, junto com outros físicos da época, ações para criar movimentos de pesquisa no Brasil. Assim em 15 de setembro de 1949 foi fundado o Centro Brasileiro de Pesquisa em Física (CBPF), órgão existente nos dias atuais. O físico José Leite Lopes destacou-se ainda na luta da criação do Ministério de Ciência e Tecnologia, como mostra Motoyama (1985):

Preocupados com essa perda de prestígio do CNPQ, alguns cientistas, tendo à frente José Leite Lopes, cogitaram num movimento de criação de um Ministério da Ciência e Tecnologia como uma forma de recuperar o status na esfera governamental, no fim da década de 50 para o início de 60. Era pois bem visível o desprestígio da ciência no país, em contraste com países do centro... (MOTOYAMA, 1985, p.45)

Tivemos outros físicos de destaque, mas com certeza a principal característica da física, como da ciência no Brasil, é que ela atrasou-se em relação a outros países. A realidade

da educação em nosso país está longe do ideal, mas temos que seguir o exemplo de físicos José Leite Lopes e César Lattes, que não esperaram as coisas acontecerem, e tentaram mudar uma realidade que era para eles era incomoda, de ter seu país natal renegado a uma posição inferior quando em comparação a ciência desenvolvida em países de primeiro mundo.

3.3. A CIÊNCIA E A FILOSOFIA NO COMEÇO DO SÉCULO XX

O fim do século XIX e começo do século XX colocam em cheque uma verdade que conseguiu se consolidar no mundo, que é a do método científico infalível. Com o fim da idade média, o método científico, ou a atitude científica, torna-se um modo de encarar a ciência muito respeitada. Isso acontece pela descrença do senso comum e por um desenvolvimento tecnológico realmente significativo para consolidar o capitalismo em expansão. Seno assim, o método científico, ao fim do século XIX, passa a ser uma verdade inquestionável e a consolidação das leis das ciências, como a física, química e biologia, são reforçadas através desse método. A atitude científica é amparada em uma idéia filosófica de empirismo muito forte.

O empirismo, como corrente filosófica, surge no império grego, na premissa resultante das observações e dos experimentos, de modo que essas ações não buscam simplesmente verificar ou confirmar uma teoria, mas também podem não confirmá-la ou até mesmo produzir uma nova teoria. Essas características do empirismo, principalmente no meio científico, derrotaram as concepções racionalistas, pois essas faziam observações e experimentos apenas para confirmar as demonstrações teóricas, altamente apoiadas em concepções matemáticas.

As diferenças entre o racionalismo e o empirismo são muito bem exemplificadas pela renomada filósofa brasileira Marilena Chauí(2012), no seu livro “Convite à Filosofia”:

A concepção racionalista era hipotético-dedutiva, isto é, definia o objeto e suas leis e disso deduzia propriedades, efeitos posteriores, previsões. A concepção empirista era hipotético-indutiva, isto é, apresentava suposições sobre o objeto, realizava observações e experimentos e chegava à definições dos fatos, às suas leis, suas propriedades, seus efeitos posteriores e a previsões. (CHAUI, 2012, p. 277)

As idéias empiristas, e da atitude científica ainda eram muito fortes no começo do século XX, mas alguns fatos começaram a questionar essas verdades. Talvez a principal esteja

no foco desse trabalho, que é a física quântica. Cientistas com Niels Bohr, Max Planck, e mesmo Albert Einstein começaram a introduzir idéias na física que contrariavam leis consolidadas como a mecânica Newtoniana e as equações de Maxwell do eletromagnetismo. Para os cientistas citados, e muitos outros que vieram depois, as leis da física clássica não estavam erradas, mas não se aplicavam em alguns casos especiais. Essas concepções muitas vezes eram feitas com deduções mentais, ou como muitos livros dizem com “experimentos metais” algo não formal na filosofia empirista e no método científico. Além disso, esses físicos apresentaram a idéia do quantum, que era altamente discutível, pois em uma física apoiada em conceitos clássicos não existe energia em pacotes.

Assim, a comunidade científica não foi muito simpática a tais idéias, pois como falamos antes, elas iam à contra mão do método científico e das leis da física já consolidadas. Ao longo do século XX, foi comprovado que tais concepções não só estavam corretas, como ajudaram muito no desenvolvimento tecnológico e por tabela na expansão capitalista. Esse fenômeno, descrito acima, foi característico do século XX, e relatado por Chauí(2012), no que ela chama de concepção construtivista da filosofia, que é uma junção de idéias empiristas e racionalistas junto com concepções próprias da época:

A concepção construtivista considera a ciência uma construção de modelos explicativos para a realidade e não uma representação da própria realidade. O cientista combina dois procedimentos – um vindo do racionalismo, outro vindo do empirismo- e a eles acrescenta um terceiro, vindo de conhecimento aproximativo e corrigível. (CHAUI, 2012, pg. 277)

Essa mudança de pensamento, não se deu de forma natural, pois como foi dito anteriormente, muitos cientistas discordaram das teorias quânticas. Com essa oposição, os adeptos da concepção quântica, tiveram que ganhar espaço junto comunidade científica. Com o tempo, os físicos que ficaram com as concepções de conservadoras foram perdendo espaço para os físicos da dita “Física Moderna”, sendo que ao longo do século XX foram provados experimentalmente que as teorias quânticas estavam corretas.

Esse foi um exemplo nítido de revolução científica, pois os físicos do início do século XX não encontraram no método científico empirista o caminho para desvendar os fenômenos quânticos. Assim, foi preciso reelaborar o método científico, e a partir disso foi montada uma nova ordem no estudo da física. Logo, a idéia de revolução científica foi apresentada pelo filósofo norte-americano Thomas Kuhn (1962). Para ele a noção de progresso e evolução científica, está em nossa mente pelos sentidos trazidos do senso comum. A evolução e progresso científico na história, na verdade, é um processo de disputa constante,

onde uma idéia predominante praticamente supera o pensamento anterior. O livro “Uma Breve Introdução à Filosofia da Ciência”, de Fagherazzi, Tasso, Macedo e Dorneles (2014) mostra a importância do trabalho de Thomas Kuhn:

A obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*, publicada em 1962 por Thomas Kuhn, é um marco do pensamento sobre a ciência e constitui uma ruptura com a visão formalista, segundo o qual a ciência evolui de maneira estritamente endógena e racional. Ao questionar a premissa moderna de que o conhecimento científico avança de forma linear e cumulativa, em uma espécie de jornada de busca pela verdade e/ou por explicações cada vez mais corretas acerca dos fenômenos da natureza, Kuhn (1962) abre espaço para o relativismo epistemológico e para uma abordagem histórica da ciência, fundamental para a consolidação da sociologia e da antropologia (FAGHERAZZI, TASSO, MACEDO E DORNELES, 2014, p.119)

Portanto, a revolução científica do início do século XX vai dar o impulso necessário para desvendar vários enigmas da física quântica. Com esse método científico, menos engessado e mais questionador sobre seu papel na ciência, vários físicos solucionaram perguntas que seus colegas anteriores não conseguiram solucionar. O próximo capítulo vai abordar as inúmeras contribuições de cientistas em fenômenos físicos característicos da quântica, junto com algumas dificuldades e preconceitos enfrentados.

3.4. A ANTIGA TEORIA DE MECÂNICA QUÂNTICA

Ademais, o fim do século XIX, trazia certo grau de admiração, do meio científico, devido ao trabalho dos físicos da época que revolucionaram o mundo com o domínio da eletricidade e do magnetismo, além da consolidação do uso da máquina a vapor nas indústrias. Esses trabalhos confirmaram a expansão industrial, e modernização das cidades através da energia elétrica chegando às casas.

Nesse século tivemos trabalhos muito importantes de físicos como Michael Faraday (1791-1867), James Clerk Maxwell (1831-1879), André-Marie Ampère (1775-1836), George Simon Ohm (1789-1854), Joseph Henry (1797-1878), Heinrich Hertz (1857-1894), Hendrik Lorentz (1853-1928), Nikola Tesla (1874-1937) entre outros físicos do estudo da eletricidade e magnetismo. O trabalho definitivo dessa época talvez tenha sido as famosas equações de Maxwell que definiram o estudo sobre o eletromagnetismo. A importância desse estudo é citada no livro “História da Física Moderna” de Michel Biezunski (1993):

A eletricidade é movimento, é certo, mas não é essa sua característica dominante, é antes a zona de influência, de campo, se utilizarmos o termo que hoje se encontra consagrada, que a pode melhor a definir.

James Clerk Maxwell prosseguiu nesse caminho: unificou num mesmo objecto físico o conjunto completo dos fenômenos elétricos e magnéticos. Não tardou a adicionar-lhe o conjunto completo da óptica ondulatória: luz, eletricidade e magnetismo fundaram-se numa única entidade física, o campo electromagnético, que pouco depois se enriqueceu com as ondas de rádio graças a Hertz, e mais tarde com a radioactividade gama e os raios-X. (BIEZUNSKI, 1993, p.63)

Assim, os físicos da época achavam que faltava muito pouco para ter uma definição total dos fenômenos físicos do universo. Cabe salientar que além dos estudos sobre eletricidade e magnetismos, já tínhamos consolidadas as idéias de mecânica macroscópica, ótica, ondulatória, termodinâmica que eram a base do que chamamos hoje a física clássica. Mas no fim do século XIX havia algumas perguntas ainda sem resposta. Uma delas era sobre a radiação do corpo negro.

O corpo negro é um modelo idealizado para caracterizar um corpo que absorve totalmente a radiação eletromagnética que nele é incidido, para cada frequência, bem como emitir toda a radiação térmica que produz. Um dos primeiros físicos que estudou o caso da emissão térmica foi o Físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), por se interessar pela radiação emitida pelo Sol. Ele sugeriu que, para estudar a emissão térmica de um corpo negro ideal, poderia ser utilizada uma cavidade com um pequeno orifício por onde a radiação externa entre e depois fique presa, pois sofre reflexão e absorções internas. Em 1859 Kirchhoff descobriu que a emissão de radiação é a mesma para vários corpos em equilíbrio térmico, independente do material, da massa, do volume, pois depende apenas da temperatura do corpo.

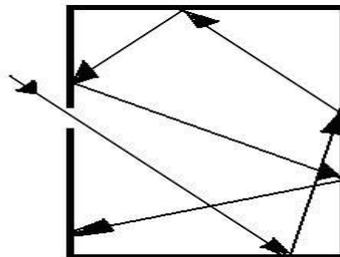


Figura 01- Corpo negro idealizado por Kirchhoff.

Disponível em <www.mundoeducacao.com.br> Acesso em 15 out 2014.

Nesse sentido sabemos, segundo a física clássica, que com o aumento da temperatura teremos um aumento contínuo da energia do corpo, causado pelo movimento dos átomos desse corpo. Então teríamos um gráfico de emissão de radiação do corpo negro, com

intensidade e frequência aumentando gradativamente, fazendo a curva do gráfico tender ao infinito. Mas não foi o que se observou na prática. Em 1894, o físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928), usando o modelo de corpo negro, fez um experimento no qual mostra que, se soubermos a forma da curva espectral da radiação térmica para uma dada temperatura, podemos encontrar as curvas para qualquer outra temperatura. Segundo Wien, o máximo do gráfico, do espectro de radiação do corpo negro, depende da temperatura da cavidade do corpo negro e as curvas obtidas têm sempre a mesma forma, independente do material que constitui a cavidade.

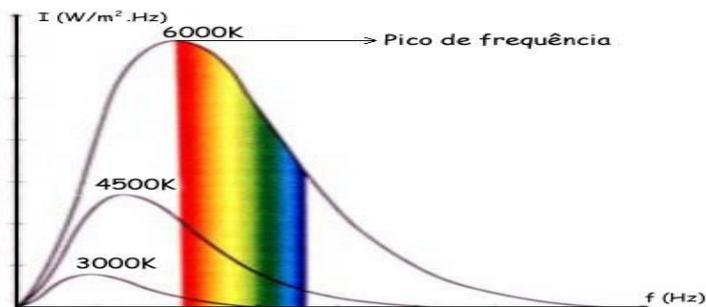


Figura 02: Gráfico do espectro de emissão do corpo negro.

Disponível em <sitelief.if.ufrgs.br> Acesso em 15 out 2014.

Assim, alguns físicos da época tentaram explicar o fenômeno do corpo negro usando as teorias clássicas e consolidadas da física. O próprio Wien tentou explicar o fenômeno da radiação do corpo negro, obtendo uma expressão matemática, mas que apresentava algumas limitações, pois se ajustava apenas para faixa de pequenas frequências de radiação térmica.

Ademais, o físico inglês John William Strutt Rayleigh (1842-1919) em 1900 propôs uma nova tentativa de explicar a questão da radiação térmica do corpo negro, novamente usando os fundamentos da física clássica, analisando as ondas estacionárias que poderiam se formar na cavidade. Esse trabalho sofreu um ajuste em 1905 pelo também inglês James Hopwood Jeans (1877-1946), no que ficou conhecido como o trabalho de Rayleigh-Jeans. Essa descrição também apresentou problemas, pois se encaixava para grandes frequências de radiação do corpo negro. Se a frequência continuasse aumentando ela iria ao infinito, o que ficou conhecido como a catástrofe do ultravioleta. A verdade é que as tentativas de explicar o espectro de emissão do corpo negro usando apenas a física clássica falharam em algum ponto.

Por outro lado, em 14 de dezembro de 1900, o alemão Max Planck (1858-1957), propôs uma nova interpretação para o problema da radiação do corpo negro. O livro de Michel Biezunski (1993) explica essa teoria:

Max Planck (1858-1957) foi um físico clássico. Foi aluno de Kirchhoff e de Helmholtz. Especialista em termodinâmica, professor de Física em Berlin a partir de 1892, adepto de Boltzmann, formulou a idéia de que a energia não é uma grandeza contínua mas que se apresenta sob a forma de múltiplos inteiros de uma quantidade elementar a que se deu o nome de quantum. Esta hipótese, contraditória de tudo aquilo que se sabia na época, permitia resolver o enigma posto pelo corpo negro. (Biezunski, 1993, p.85)

Esse estudo foi fundamentado na idéia que as paredes, do corpo negro idealizado, eram compostas por átomos, que funcionavam como osciladores harmônicos, sendo que cada átomo só pode absorver ou emitir radiação de uma determinada frequência, os pacotes de energia, chamado de quantum. Essa teoria era tão revolucionária que nem o próprio Planck estava convencido totalmente que esse era o caminho, como diz Biezunski(1993):

Em 1900, Planck emitiu a hipótese, astuciosa a tal ponto que nem ele se sentia satisfeito, de que a não se permuta em qualquer quantidade, mas num número inteiro de vezes de uma quantidade elementar, dependendo apenas do comprimento de onda. A aparição deste quantum era o maior desafio que alguma vez havia sido lançado à mecânica clássica, que considerava a energia como uma quantidade contínua de elevado grau. Esta hipótese iria ter uma sorte pouco comum na história da física. (BIEZUNSKI, 1993, p.86)

Portanto, a teoria quântica da radiação do corpo negro certamente causou um forte choque na física da época, mas certamente a próxima verdade a ser questionada não foi menos impactante. No fim do século XIX já se sabia que alguns eletroscópios de folhas podiam ser descarregados quando iluminados por luz, mas sem explicação para o fenômeno. Só se sabia que de alguma forma, a luz estava arrancando cargas elétricas das folhas do eletroscópio. Esse fenômeno era chamado de efeito fotoelétrico. O físico alemão Philip Leonard (1862-1947) estudou o fenômeno, e descobriu que ele era provocado por radiação ultravioleta que incidindo no eletroscópio.

Não existia nessa época uma explicação para esse fenômeno, de acordo com os conhecimentos da física clássica, onde se deveria aumentar a intensidade da luz e não a frequência. É importante dizer que no fim do século XIX a luz era aceita como uma onda eletromagnética, principalmente por causa das experiências de difração e fenda dupla, que consolidaram suas propriedades ondulatórias.

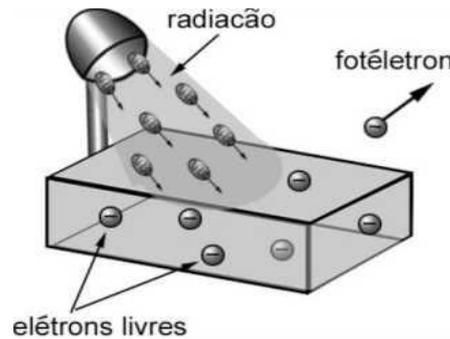


Figura 03: Imagem que ilustra, de maneira simples, o efeito fotoelétrico

Disponível em <baudojoanes.blogspot.com> Acesso em 3 nov 2014.

Em 1905 um empregado de um gabinete de patentes em Berna, Albert Einstein (1879-1955), enviou alguns artigos para a revista “Annalen der Physik”, sendo que um deles trazia uma nova explicação para o efeito fotoelétrico, como cita Biezunski (1993):

Três meses antes do seu artigo fundador da teoria da relatividade, Albert Einstein (1879-1955), desconhecido nessa altura, publicava um outro artigo, no qual recordava, para criar, a hipótese de Planck. Aplicando a lei a qual tinha chegado mostrava estar de acordo com a experiência. Era o electromagnetismo clássico que na sua opinião se podia considerar como o responsável por esse desvio entre a experiência e a teoria, pelo menos à escala dos átomos. Baseando-se na lei empírica da radiação do corpo negro descobriu o seguinte fenômeno: a energia da radiação comporta-se como um gás de moléculas sem interação. Considerando as flutuações, a probabilidade de que a energia de radiação se concentre num certo volume da cavidade é análoga à que se obteria considerando a distribuição das moléculas num gás. Concluiu que a energia se reagrupa em corpúsculos, os quanta, que permite afirmar, para o caso da luz, a existência de partículas. (BIEZUNSKI, 1993, p.88)

Igualmente, podemos dizer que para Einstein resolver o enigma do efeito elétrico, ele teve que abandonar a idéia de que a luz é uma onda eletromagnética, retomando¹ (RODAPÉ) a teoria da luz como partícula. Essa abordagem, em outras palavras, contrariava todo o trabalho do século passado, principalmente o de Maxwell. Assim, por mais estranha que seja a explicação de Einstein, ela funcionou muito bem, tanto que em 1924, ele ganharia o prêmio Nobel.

Os trabalhos de Planck e Einstein foram os primeiros da chamada antiga teoria quântica, que se estende até meados de 1925. Essa teoria sem dúvida era uma verdadeira revolução no estudo da física, e a partir da empolgação com essas descobertas, surgem mais partidários da Física Quântica. Entre os mais destacados podemos falar Niels Bohr (1885-1965).

¹ ESCREVER AQUI

A ideia do átomo começou a ser datada na Grécia antiga, mas algo bem simples, sendo que segundo eles, os átomos são a base para tudo que existe. Os atomistas, como eram chamados os cientistas que acreditavam na existência do átomo, cresceram como grupo até o século I, para depois praticamente sumir. As teses dos atomistas retornariam com força no século XVII, com o fim da idade média. O trabalho mais inovador sobre o átomo pode ser datado, então, de 1803, quando o químico inglês John Dalton (1766- 1844) propôs que a matéria era constituída por átomos que seriam partículas maciças, indivisíveis e rígidas. Em 1897, Joseph John Thomson (1856-1940) fez seu modelo de átomo, com ajuste no modelo de Dalton, e também propôs que o átomo não era indivisível. Thomson, além disso, propôs que o átomo tinha sub-partículas negativas, o elétron, e como o átomo de Dalton era neutro, ele imaginou que havia cargas positivas para contrabalancear. Em 1911, o neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) mostrou seu modelo planetário atômico, com elétrons girando em torno de um núcleo.

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr propôs uma correção no modelo proposto por Rutherford, inclusive trabalhando no laboratório dele, com ideias da física quântica como mostra Martins e Rosa (2014):

Logo após retornar à Inglaterra, Rutherford discutiu as ideias levantadas durante a conferência com um jovem dinamarquês que estava trabalhando em seu laboratório - Niels Bohr. Foi a partir dessas informações que Bohr iniciou sua pesquisa sobre a explicação quântica do espectro do hidrogênio, publicadas em 1913... Em seu trabalho, Bohr utilizou condições de quantização para o movimento dos elétrons em órbitas estáveis. (MARTINS e ROSA, 2014, p.110)

Com essas ideias as orbitas de Rutherford continuavam a existir, mas existiam restrições quanto a orbitas permitidas para o elétron, sendo que ele chegou a esse modelo estudando o átomo de hidrogênio. O átomo de Bohr foi um grande avanço no estudo dos átomos e da física quântica, mas, além disso, ajudou a começar a explicar o enigma do espectro de emissão dos gases. Antes do modelo de Rutherford-Bohr, já se sabia que gases aquecidos produziam uma emissão de luz característica, que era o espectro de radiação dos gases. Esse fenômeno foi desvendado por Bohr, mas apenas para o átomo de Hidrogênio e do Hélio, sendo que segundo os estudos de Bohr o elétron pode saltar para outra camada eletrônica mais afastada do núcleo quando tem um determinado valor de energia. Ele fica pouco nessa camada e volta para sua camada de origem, mas antes ele libera o excedente de energia, isso na forma de um fóton, que é um quantum de energia de luz. Esse fóton tem uma frequência e um comprimento de onda característico que define as cores do espectro de emissão desse gás.



Figura 04: Radiação característica do Hidrogênio

Disponível em < blogdequimica2014.blogspot.com > Acesso em 6 nov 2014

Com esses estudos Bohr se tornou uma referência no estudo da física quântica. Esse ramo da física era novo, e era composta de muitas visões conflitantes. Niels Bohr junto com outros físicos desenvolveu, na Universidade de Copenhague, uma visão de física quântica que ficou conhecida como a escola de Copenhague de Física Quântica. Bohr ainda teve muitos outros trabalhos de destaque como o princípio da correspondência e a complementaridade onda-partícula, e por essas e outras contribuições, em 1922 ele recebeu o prêmio Nobel de Física.

Para finalizar o apanhado principal de fatos marcantes, do que é chamada, antiga teoria quântica vamos falar da dualidade onda-partícula de Louis de Broglie (1892-1987). Partidário da tese quântica de Max Planck e de Niels Bohr, De Broglie se apaixonou pela física após ter estudado história. Ele foi influenciado por seu irmão Maurice de Broglie (1875-1960) que era um respeitável físico experimental da época, sendo que a família De Broglie era nobre na França.

Em 1924, De Broglie apresentou em sua tese de doutorado uma interpretação para o modelo atômico de Bohr, enunciando que os elétrons nas orbitas atômicas pudessem se comportar como ondas estacionárias. Então, através desse pensamento ele propôs que existia um comprimento de onda associado à massa do elétron. Pode parecer estranho para nós isso, pois é muito comum pensarmos em elétrons como corpúsculos, que é diferente de, por exemplo, uma onda de rádio. De Broglie chegou nessa tese por ser dedicado aos estudos, mas também usou alguns trabalhos da época para servir como motivadores como mostram Martins e Rosa (2014):

Paralelamente aos estudos de caráter mais experimental sobre os raios X, De Broglie começou a desenvolver estudos teóricos mais amplos, guiado pela ideia de quantum de luz. Porém, provavelmente ficou mais confiante em sua teoria com as recentes publicações dos resultados experimentais de Arthur H. Compton (05/1923) sobre o espalhamento de raios X através de átomos de luz, onde também se empregava a dinâmica relativística. (MARTINS e ROSA, 2014, p.259)

De Broglie não teve que esperar muito para ter sua tese testada, sendo que um ano depois, em 1925, Clinton Joseph Davisson(1881-1958) e Lester Halbert Germer (1896-1971) realizaram um experimento com difração de elétrons nos Estados Unidos da América. É bom dizer que essa experiência foi feita sem o conhecimento do postulado de De Broglie, mas apesar disso, mostrou bem que elétrons têm propriedades ondulatórias já que a difração é um fenômeno ondulatório. Por esse trabalho inovador Louis De Broglie, em 1929, ganhou o prêmio Nobel de Física.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. ASPECTOS GERAIS

O trabalho de pesquisa desse documento está centrado, principalmente, em oferecer uma visão crítica e construtiva da abordagem da história da física quântica, (mas especifica a antiga teoria quântica) nos livros didáticos das escolas públicas, mas também traz alguns apontamentos básicos de características dos livros de física do PNLD 2015.

Toda essa avaliação será feita de forma embasada em referenciais teóricos, artigos que debatem os assuntos levantados nessa pesquisa, e a própria recomendação para seleção de livros do Ministério da Educação através do documento referente ao Plano Nacional do Livro Didático 2015. O documento que tivemos contato foi o Guia de Livros Didáticos Ensino médio PNLD 2015-Física (Disponível em <<http://portal.mec.gov.br>> Acesso em 03 set 2014)

Para delimitar nosso raio de ação, esse trabalho pesquisou as primeiras e segundas escolhas de livros de física de ensino médio das escolas públicas de Bento Gonçalves. Esta escolha se deve por Bento Gonçalves ser a cidade do nosso campus, onde temos o curso de física, e por esse motivo esse trabalho vai ser uma espécie de retorno acadêmico para a cidade (**rever essa frase**). Além disso, a escolha da cidade de Bento Gonçalves, permite um trabalho de pesquisa com foco qualitativo já que o número de escola é significativo, mas não é numerosas as escolas de ensino médio (**também rever esta frase**). Vamos agora detalhar melhor todas as partes que compõem essa pesquisa acadêmica que está presente nesse trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Física.

4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PNLD 2015

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é um programa do Governo Federal, ligado ao Ministério da Educação (MEC) que tem como objetivo oferecer livros para as escolas públicas brasileiras de forma gratuita. Os livros PNLD permanecem sendo usados nas escolas num ciclo de três anos. Ao fim desse período o processo do PNLD é reiniciado, sendo que todas as obras do antigo PNLD são avaliadas e pode se escrever novas obras para poder ser escolhidas. Mas como é feita essa seleção dos livros para chegarem na escola? Existe um conjunto de procedimentos avaliativos do livro didático.

Os primeiros ficam a cargo do MEC, que, primeiramente, passa todos os livros, que se inscreveram para o processo PNLD 2015 por avaliadores independentes formados em Física, Pesquisa em Física ou Ensino de Física. É importante ressaltar que os livros avaliados chegam nessa banca sem qualquer forma de identificação de editora e autores. Depois de avaliados por essa banca, os livros passam por uma avaliação técnica do MEC, onde além da primeira banca avaliadora, se junta uma corpo de pessoas ligadas a parte de avaliação do projeto PNLD 2015. Essas pessoas têm um conjunto de critérios de avaliação que será brevemente destacado, sendo que iremos começar pelos itens eliminatórios das obras inscritas nesse processo do PNLD 2015:

- respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao ensino médio;
- observância de princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano;
- coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela obra, no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados;
- respeito à perspectiva interdisciplinar na apresentação e abordagem dos conteúdos;
- correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos;
- observância das características e finalidades específica do manual do professor e adequação da obra à linha pedagógica nela apresentada;
- adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos da obra.
- pertinência e adequação do conteúdo multimídia ao projeto pedagógico e ao texto impresso.

(Fonte “Guia de Livros Didáticos Ensino médio PNLD 2015-Física”, disponível em <<http://portal.mec.gov.br>> Acesso em 3 set 2014)

Também existe um conjunto de critérios eliminatórios, dos livros didáticos inscritos no PNLD 2015, que são exclusivos para os livros de física do ensino médio:

- utilizou o vocabulário científico como recurso para a aprendizagem das teorias e explicações físicas, sem privilegiar a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização;
- introduziu assunto ou tópico conceitual, levando em consideração as concepções alternativas que alunos típicos de educação básica costumam manifestar e que já estão sistematizadas na literatura nacional e estrangeira da área de pesquisa em ensino de Física, bem como as suas experiências socioculturais;
- propôs discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, promovendo a formação de um cidadão capaz de apreciar e de posicionar-se criticamente diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social e individual;
- apresentou exercícios e problemas de modo claro, de acordo com a função de cada tipo de questão/atividade. Os problemas deveriam ser apresentados mediante enunciados acompanhados da contextualização da situação-problema específica e deveriam ser abertos o suficiente para estimular/permitir estimativas e considerações por parte do professor e do aluno;
- utilizou abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estivessem em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas;
- apresentou arranjos experimentais ou experimentos didáticos realizáveis em ambientes escolares típicos, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alerta acerca dos cuidados específicos para cada procedimento;
- trouxe uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, seria absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, fosse permeada pela apresentação contextualizada de situações-problema que fomentassem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações;
- estimulou o aluno para que ele desenvolva habilidades de comunicação oral e de comunicação científica, propiciando leitura e produção de textos diversificados, como artigos científicos, textos jornalísticos, gráficos, tabelas, mapas, cartazes, entre outros;
- utilizou analogias e metáforas de forma cuidadosa e adequada, garantindo a explicitação de suas semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos/conceitos estudados, bem como de seus limites de validade;
- utilizou ilustrações de forma adequada, tendo em vista sua real necessidade e sua referência explícita e complementar ao texto verbal;
- evitou utilizar somente situações idealizadas, fazendo referências explícitas sobre as condições das situações trabalhadas, quando essas se fizeram necessárias; e evitou, também, apresentar situações de realização impossível ou improvável, sinalizando claramente quando se utilizou de referências do gênero ficção científica;
- evitou apresentar fórmulas matemáticas como resultados prontos e acabados, sem trazer deduções explícitas, quando eram pertinentes e cabíveis, ainda que na forma de itens complementares ou suplementares ao texto principal;
- apresentou expressões matemática de leis, sempre acompanhadas de seus enunciados próprios e em forma adequada, bem como da especificação de suas condições de produção ou criação;
- evitou apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelos explicativos, desacompanhados de suas condições de utilização, bem como de seus limites de validade;
- tratou, sempre de forma articulada, tópicos conceituais que são claramente inter-relacionados na estrutura conceitual da ciência Física e introduziu/apresentou cada tópico ou assunto mediante a necessária problematização;
- tratou de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna

e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho;

- apresentou os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se fizessem pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos.

(Fonte “Guia de Livros Didáticos Ensino médio PNLD 2015-Física”, disponível em <<http://portal.mec.gov.br>> Acesso em 3 set 2014)

Com base nesses critérios, e incrementada com as mais modernas visões de ensino de física é organizada uma ficha de avaliação formada por cinco blocos, que será usada para avaliar os livros por meio da comissão já referida anteriormente. Esses blocos são:

1. Legislação e cidadania;
2. Abordagem Teórico-Methodológica e propostas didático-pedagógicas;
3. Conceitos, Linguagens e Procedimentos;
4. Manual do Professor;
5. Projeto Editorial.

É importante dizer que existe também uma ficha de avaliação específica para os recursos didáticos digitais que acompanham a obra. Depois de todas essas etapas finalizadas, os livros aprovados são caracterizados, para a resenha dos livros que servirá para o professor da escola pública avaliar o livro.

Todas as escolas públicas do Brasil avaliaram e definiram seus livros, sendo que esse processo, na maioria dos casos foi feito pelo próprio corpo docente de física da escola. Cada escola poderia escolher, dentro dos livros aprovados no PNLD 2015, uma primeira e segunda opção de obra. Essa escolha dos livros, por parte dos professores das escolas públicas, foi feita basicamente através da leitura das resenhas que estavam no Guia de Livros Didáticos Ensino médio PNLD 2015-Física, e através de avaliação direta das obras por meio de cortesias enviadas pelas editoras para os professores de física.

Para finalizar esse texto de contextualização do PNLD 2015, não podemos deixar de falar mais diretamente das obras que foram selecionadas. Foram aprovadas as seguintes obras:

Título do Livro	Autor	Editora
COMPREENDENDO A FÍSICA	Alberto Gaspar	Ática

FÍSICA	Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski	Positivo
FÍSICA - CONCEITOS E CONTEXTOS: PESSOAL, SOCIAL, HISTÓRICO	Maurício Pietrocola, Alexander Pogibin, Renata de Andrade, Talita Raquel Romero	FTD
FÍSICA	José Roberto Castilho Piqueira, Wilson Carron, José Osvaldo de Souza Guimarães	Ática
FÍSICA AULA POR AULA	Claudio Xavier , Benigno Barreto	FTD
FÍSICA CONTEXTO & APLICAÇÕES	Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga	Scipione
FÍSICA	Bonjorno, Clinton, Eduardo Prado, Casemiro, Regina de F. S. A. Bonjorno, Valter Bonjorno	FTD
FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano	Leya
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	Luiz Felipe Fuke, Kazuhito Yamamoto	Saraiva
FÍSICA	Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas, Gualter José Biscuola	Saraiva

QUANTA FÍSICA	Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Jr. , Luís Carlos de Menezes, Marcelo de Carvalho Bonetti, Oswaldo Canato Jr. , Viviane Moraes Alves	Pearson
SER PROTAGONISTA FÍSICA	Angelo Stefanovits	SM
CONEXÕES COM A FÍSICA	Gloria Martini , Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis, Blaidi Sant'Anna	Moderna
FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA	Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antonio de Toledo Soares, Paulo Cesar Martins Penteado	Moderna

4.3.ESCOLAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES

O alvo dessa pesquisa é avaliar a inserção da história da física nos livros do PNLD 2015, mas esse raio de pesquisa ficou na cidade de Bento Gonçalves. O motivo dessa escolha já foi debatido em capítulos anteriores desse mesmo trabalho, mas reservamos esse sub-capítulo para fazer uma configuração geral da cidade referida, e das escolas da mesma.

Bento Gonçalves é uma cidade brasileira localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. A cidade pertence a chamada “serra gaúcha” e tem características comuns das cidades gaúchas da serra, como frio rigoroso no inverno, turismo gastronômico forte, baixo desemprego e uma indústria bem consolidada. A principal característica econômica de Bento Gonçalves é a produção de vinhos onde tem um destaque mundial. A população do município é de 112.318 habitantes (Disponível em <<http://www.bentogoncalves.rs.gov.br>> Acesso em 27 out 2014), e cidade tem 124 anos de existência.

A cidade de Bento Gonçalves apresenta um total de nove escolas públicas de ensino médio, sendo sete estaduais, uma municipal e uma federal. Essas escolas apresentam algumas realidades parecidas e outras bem diferentes. Os fatos semelhantes são aqueles de ordem curricular, pois não existe grande discrepância nos conteúdos de física nessas escolas, isto é, no terceiro ano do ensino médio o conteúdo estudado é eletromagnetismo e física moderna. A única escola com algo um pouco diferente é o IFRS Campus Bento (ensino técnico federal) que tem que trabalhar com a ótica de ensino médio técnico integrado (**rever essa frase**).

As diferenças das escolas se localizam no contexto social que escolas estão inseridas, além de diferença de estrutura por razão de um maior ou menor investimento por parte do poder público. Por essas razões a escola que mais se difere das outras é novamente o IFRS Campus Bento por ter uma estrutura privilegiada (laboratórios, data show nas salas, entre outros), um corpo docente qualificado, assistência social (dormitórios, refeições), enfermaria e quadra de esportes. Além disso, essa escola é muito bem localizada na cidade, sendo uma escola tradicional da sociedade de Bento. Ainda podemos citar a única escola municipal da rede, que é a escola Alfredo Aveline, que fica em um bairro de classe média de Bento, e uma estrutura escolar organizada.

Na realidade oposta, temos algumas escolas da rede estadual que, por sua localização em bairros com alto grau de desigualdade social, apresenta alguns problemas característicos, como a evasão escolar, desinteresse nas atividades escolares, falta de algumas estruturas (Laboratórios de ciência), entre outras. Mais uma vez é importante ressaltar que isso não é uma realidade de todas as escolas da rede estadual, sendo que existem escolas com um bom grau de estrutura e organização na rede.

É importante fazer essa contextualização do município, e de forma geral das escolas, para entendermos, mesmo que superficialmente, porque algumas escolas escolheram alguns livros mais questionadores, outras escolheram os que tinham um conteúdo de física mais aplicado a realidade dos alunos, e porque algumas escolheram livros pragmáticos e bem conservadores. Os professores dessas escolas também tem que se adequar minimamente, sem perder seus valores, à realidade escolar onde esta inserido.

4.4. ELABORAÇÃO DA FICHA DE AVALIAÇÃO

Desde o planejamento desse trabalho, foi pensado em um fim para o questionamento central, que á abordagem da história da antiga teoria quântica no ensino médio, porque todos os estudo sobre esse caso e as leituras feitas deveriam retornar algo que pudesse ser aproveitado em um futuro. Sabemos que muita das concepções que estão nesse documento eram de acúmulos prévios, que os elaboradores do trabalho já traziam dos estudos acadêmicos. Mas questionamentos e concepções devem ser postos a prova em um trabalho de pesquisa a fim de confirmar ou não as hipóteses (**rever esta frase**).

Com isso foi concluído que fazer uma avaliação em cima dos livros didáticos do PNLD 2015 era adequado por se tratar de obras atualizadas que estarão nas escolas a partir do próximo ano (2015), e por esses livros ser um canal de entrada para algumas concepções novas de ensino de física. Além disso, esse escolha permitiu trabalhar com diversos autores de livros didáticos, o que permitiu ver a qualidade dessas obras que estarão nas mãos dos jovens brasileiros.

Vencido esse primeiro debate, concluímos que para se fazer uma análise qualificada e imparcial deveríamos fazer uma ficha de avaliação comum para todos os livros, com o principio de ser questionadora do papel do livro didático, questionadora sobre o papel cidadão do estudante, ser conectada com o que existe de mais atual na física, e fazer muitos questionamentos da inserção da história da física. Assim saberíamos que antes de elaborar as questões deveríamos estar bem embasados.

Para isso, recorremos à alguns textos acadêmicos que falam do assunto, história da física, livros de história da física e da ciência, documentos e regulamentações sobre livros didáticos e o PNLD, e pesquisa em sites que abordam esses assuntos. Muitos desses estudos estão presentes no capítulo de **revisão da bibliografia (ver se é esse nome que vai ficar)**, mas aqui destacaremos alguns pontos mais centrais que balizaram a criação da nossa ficha de avaliação.

Um dos artigos mais usados como fonte para a montagem das perguntas foi “Como Não Escrever Sobre História da Física- um Manifesto Historiográfico” de Martins (2001). Nesse texto, ele diz dos perigos de fazer uma abordagem sobre história da física de maneira superficial, em base no senso comum, ou ainda sem boas referencias para embasar aquilo que está sendo dito. Nesse trecho ele faz referência ao ter um bom número de leituras para não cair no truque do senso comum:

Um conhecimento parcial pode levar a erros; mais pior ainda é um conhecimento nulo. Por isso é melhor uma boa amostra de textos desses dois mil anos do que não conhecer nenhum (MARTINS, 2001, p.115).

Num outro parágrafo, Martins (2001), diz que também para se fazer pesquisa, devemos nos desgrudar de algumas concepções pessoais e também de algumas vaidades, a fim de fazer uma pesquisa realmente qualificada:

Mas se uma pessoas se considera maravilhosa e não tiver consciência de seus próprios limites, dificilmente poderá perceber que estava errado, e por isso não poderá captar evidências contrárias às suas crenças, mesmo que elas estejam à sua frente..... O que fazer então? Estudar sem idéias preconcebidas? Isso é possível. Mas um bom historiador da ciência se treina para perceber seus próprios preconceitos e expectativas, de tal modo que essas idéias não o torne cego (MARTINS, 2001, P.126).

Outra fonte forte para a montagem da ficha de avaliação foi o artigo escrito pelo professor Marco Antônio Moreira, “Questionário como instrumento de coleta de Informações de Ensino” ([idem comentário anterior](#)), onde ele fala da importância desse tipo de instrumento na pesquisa de ensino, mas alerta para alguns pontos importantes para a validade dos mesmos. Nesse artigo ele ainda apresenta algumas formas de formular perguntas nos questionários, e formas boas e ruins de formular as mesmas. No trecho a seguir Moreira (1985) fala da importância de escolhermos bem as perguntas de nossos questionários:

A escolha da forma e do tipo de pergunta de um questionário é questão que deve ser analisada considerando o objetivo a ser alcançado, as características dos sujeitos envolvidos, o tempo disponível para a resposta ao instrumento. (MOREIRA, 1985, p.4)

Existiu ainda alguns outros artigos e livros que foram pego alguns recortes importantes, mas o últimos balizador forte para a montagem dessa ficha de avaliação foi o próprio Guia de Livros Didáticos Ensino médio PNLD 2015-Física, que em seu texto tem uma porção de itens legais e outras recomendações que os livros devem conter. Entre elas podemos citar a questão do busca do pensamento autônomo e crítico por parte do estudante, uma educação que busque valores cidadãos, e uma física menos matemática e mais ligada a realidade do estudante e do mundo que o cerca.

Com isso chegamos a uma formatação final dessa ficha de avaliação². A ideia de fazer um formulário digital chegou, principalmente, para facilitar a avaliação dos livros e também a retirada dos dados para avaliar os resultados.

De forma geral essa ficha de avaliação trabalha com eixos centrais, que dividem a gama de resultados esperados desse trabalho. O eixo “Dados Gerais” serve para termos todas as informações básicas dos livros didáticos avaliados. No eixo “Características Gerais da Obra” é feita perguntas que querem mostrar algumas particularidades dessa obra, em seu volume 3, a fim de verificar se ela está conforme as recomendações previstas no PNLD 2015 e também está conectada com o que existe de mais atual no debate de ensino de física. Em “Sobre o conteúdo de física quântica”, a ficha pretende avaliar como está abordado o conteúdo dessa área da física nesse livro didático e também, como no item anterior, avaliar se existe uma preocupação do livro em trazer uma física menos conservadora e pragmática. Por fim o eixo “Sobre a história da física quântica” tem uma gama de perguntas que pretende avaliar como está abordada a história da física quântica, a importância a ela dada, e se existe uma preocupação em relação ao contexto da época em que a física quântica está inserida e com a ciência da época.

Em termos gerais todas as perguntas foram elaboradas pensando no debate final da caracterização da história da física quântica nos livros didáticos do PNLD 2015, mas também existe uma preocupação na formulação dessa pergunta de cunho pedagógico e legal.

(Essa última parte precisa ser revista)

² Disponível em

<https://docs.google.com/a/bento.ifrs.edu.br/forms/d/11Z7VvxSMFXZZdgg9fc1_ahL36XO2ZUg4GHBULTLExRM/viewform>

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. LIVROS ADOTADOS NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE BENTO GONÇALVES

Para abrir esse capítulo de “Resultados e Discussão”, vamos apresentar os livros, do PNLD 2015, selecionados, para o triênio 2015-2017, nas escolas públicas do Município de Bento Gonçalves. Como já se havia falado, todas as escolas podiam escolher uma primeira e uma segunda opção de livro, sendo que o IFRS campus Bento Gonçalves optou por ter apenas uma opção de livro. O contato com as escolas, para saber as escolhas de livros, se deu por meio de correio eletrônico, telefonemas e visitas nas escolas. É importante ressaltar que nenhuma escola do município se negou fornecer as informações solicitadas. A tabela mostra as escolhas de livros das escolas de Bento:

Escola	1º Opção de livro	Editora 1º opção	2º Opção de livro	Editora 2º opção
O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul	Conexões com a Física	Moderna		
EMEM Alfredo Aveline	Conexões com a Física	Moderna	FÍSICA- Helou, Newton, Gualter	Saraiva
Colégio Estadual Dona Isabel	Compreendendo a Física	Ática	Ser Protagonista Física	SM
Colégio Estadual	Conexões com a	Moderna	Ser Protagonista	SM

Landell de Moura	Física		Física	
Colégio Estadual Visconde de Bom Retiro	Ser Protagonista Física	SM	Física - Conceitos e Contexto Pessoal, Social e Histórico	FTD
E.E. de Ensino Médio Imaculada Conceição	Conexões com a Física	Moderna	FÍSICA	FTD
E.E. de Ensino Médio Professor José Pansera	Conexões com a Física	Moderna	Compreendendo a Física	Ática
E. E. de Ensino Médio Mestre Santa Bárbara	Física - Conceitos e Contexto Pessoal, Social e Histórico	FTD	Ser Protagonista Física	SM
Instituto Estadual de Educação Cecília Meireles	Ser Protagonista Física	SM	Física- Ciência e Tecnologia	Moderna

As obras mais escolhidas nas escolas de Bento foram a “Conexões com a Física” e “Ser Protagonista- Física”, que apareceram em cinco escolas. Mas ao total são sete livros que apareceram nas nove escolas pesquisadas, sendo que o objetivo desse trabalho não é avaliar os métodos usados para escolha, por parte da escola, dos livros didáticos, Tão pouco, na seção de avaliação dos livros, serão discutidos nomeadamente cada livro por suas características, sendo que todos os resultados obtidos nas fichas de pesquisa virão sem uma ordem definida. O fim desse trabalho é mostrar para a comunidade acadêmica, bem como para qualquer cidadão que se interessar por esse documento, como está a inserção da história da física quântica (antiga teoria) nos livros didáticos do PNL 2015.

5.2. AVALIAÇÃO DOS LIVROS ADOTADOS

Vamos mostrar e avaliar os resultados obtidos por essa pesquisa proposta por esse trabalho, sendo os dados referentes ao livro (nome, código, autor, etc.) não estarão sendo mostrados aqui por se tratar de informações simplesmente organizativas do instrumento de pesquisa, isto é, se em algum momento no preenchimento das fichas foram necessárias retificações ou mesmo supressão de alguma coisa, esses dados do livro serviam de identificador do registro do livro. Todos os dados dessa pesquisa estarão, de maneira detalhada, ao fim desse trabalho.

5.2.1. Características Gerais da Obra

Nessa seção serão discutidos aspectos mais gerais do livro pesquisado. É importante ratificar nesse parágrafo que o raio de ação de nossa pesquisa, em termos de área da física, é a antiga teoria quântica (1900-1925), sendo que todos os livros apresentavam esse conteúdo no volume três. Isto quer dizer que os dados obtidos por essa pesquisa são relativos ao volume três de cada livro, e os exercícios e demais atividades são do conteúdo de física quântica.

Feita essa introdução, podemos começar relatando que todos os livros tinham basicamente a mesma disposição de suas unidades de conteúdo, que na sua maioria era denominadas “Eletricidade”, “Eletromagnetismo” e “Física Moderna”. Não eram todos os livros que tinham essas denominações, mas olhando as unidades elas tinham conteúdos semelhantes só mudava o nome.

De maneira geral também todos os livros tinham alguma forma de interdisciplinaridade da física com outras matérias, mas isso sim era feito de forma diferente em algumas obras. Como já foi debatido no capítulo de metodologia, na seção Contextualização do PNL D 2015, existe ainda na fase de seleção, critérios que podem excluir uma obra por não apresentar essa preocupação, da interdisciplinaridade. Com isso, os livros avaliados mostravam esse interesse, mas alguns de forma mais direta e outras de uma maneira mais discreta. Pra exemplificar vamos mostrar um recorte de respostas para essa questão:

Livro A:

R: Sim, existe um espaço específico em cada conteúdo estudado, denominado "Conexões", onde a proposta desse é a interdisciplinaridade da física com outras matérias.

Livro B:

R: Existe uma preocupação, mesmo que por vezes embutida dentro das explicação do capítulo apresentado. Podemos notar esse tipo de abordagem na página 229, da unidade de física moderna, onde ele faz uma ligação da relatividade com as artes.

Livro C:

R: Não de forma direta, algumas coisas bem pontuais. De forma geral é exposição de conteúdo seguido de questões relacionados ao que já foi apresentado.

Nesse recorte de três amostras da pesquisa podemos ter uma idéia boa de como o assunto é abordada. Na maioria da obras estudadas elas seguem a mesma ótica da resposta 1, onde existem partes específicas que buscam fazer um ligação da física com outros conteúdo, como por exemplo a geografia, química a até as artes. Mas também existem livros que essa abordagem é mais discreta, e em alguns casos é bem pontual, e até difícil de encontrar.

Essa diferença de proposta também foi vista na pergunta, “*O livro incentiva a busca do pensamento autônomo e crítico sobre os conteúdos abordados?*”, onde foi avaliado que praticamente todos os livros apresentavam uma preocupação com esse tema, mas também tiveram obras que praticamente só se preocuparam com o conteúdo de física, fazendo isso da forma “conteúdo e cálculo”. Essa forma de ensino de física, conteudista e matemática, é um modelo mais conservador, mas que deve ser de alguma forma respeitada e deve ter seu espaço. Muitos educadores acreditam que uma forma de ensino pragmática, é a mais correta para a nossa sociedade. A visão que esse trabalho defende, de um ensino de física mais interdisciplinar, conectado com as coisas do nosso mundo, e formando um estudante ciente de seu papel cidadão na sociedade está em disputa. Então não cabe que os livros didáticas, do PNLD 2015, tenham apenas uma proposta de ensino de física, sendo normal que se tenha obras de cunho mais conservador.

Para finalizar essa primeira seção de análise de dados, vamos analisar dados obtidos na pergunta “*Nos capítulos do livro existe propostas de experimentos, ou mesmo URL de simulações do fenômeno estudado?*”. Nessa questão, mais uma vez ouve um grande número de livros que apresentaram características parecidas, e poucos não tiveram preocupação com esses temas. Vamos mostrar mais recorte de respostas para mostrar essas diferenças:

Livro A:

R: Sim, existe um caixas, ao longo do conteúdo estudado, denominadas "Atividades Práticas" que são só para experimentos. Não existe um espaço específico para sugestões de sites, mas ao longo da explicação do conteúdo o livro sugere URLs para pesquisa.

Livro B:

R: Quadros isolados sobre experimentos. Exemplos encontrados mais próximos foi a do relé fotoelétrico. Não foi encontrado simulações ou sugestão de sites para os alunos, apenas no livro do professor.

Livro C:

R: Sim, existe uma seção específica em todos os capítulos denomina "Laboratório" onde é trabalhados experimentos, e na seção "Para explorar", temos dicas e sugestões de sites, filmes, e leituras.

Livro D:

R: Sim, existe um caixas, ao longo do conteúdo estudado, denominadas "Atividades Práticas" que são só para experimentos. Não existe um espaço específico para sugestões de sites, mas ao longo da explicação do conteúdo o livro sugere URLs para pesquisa.

Nessas respostas é possível ver existem livros que tem uma abordagem mais direta e preocupada com as questões de uso do meio digital, e com a física experimental. Nessas obras existem espaços específicos para isso, sendo todos os capítulos tem pelo menos uma aparição desses espaços. Mas também temos livros que apresentam os espaços e debates sobre experimentos de maneira mais discreta. Na parte de sites e URLs existem livros que não apresentam essa área, pelo menos no livro do aluno.

De maneira geral, a maioria dos livros tinha uma base parecida desses dados gerais, sendo que foi a minoria que não apresentou alguns dos dados pesquisados. Essa conclusão nos leva a uma configuração de livros preocupados na abordagem interdisciplinar da física, conectados com as tecnologias e com física experimental, além de buscar formar um aluno mais crítico e ciente de seu papel no mundo.

5.2.2. Sobre o conteúdo de Física Quântica

Nesse espaço será avaliado as questões relativas ao conteúdo de física quântica presente nos livros pesquisados. Será foco uma contextualização mais geral dessa área da física, sendo que é procuramos avaliar como estão os exercícios nesses livros, a distribuição básica dos conteúdos nos livros, e caracterização básica da abordagem da física quântica presente no livro.

Começaremos debatendo o primeiro item dessa seção, que é a pergunta “*Existe um capítulo específico sobre esse conteúdo e como ele está organizado?*”. Nessa parte podemos notar que todos os livros se preocuparam em fazer uma abordagem importante para a física quântica, mesmo que não nominalmente, isto é, nem todos os livros tinham o nome “física quântica” em algum capítulo, mas todos tinham o conteúdo de física estudado por esse trabalho, mesmo que esses conteúdos estivessem diluídos em dois capítulos. Por esse motivo, foram poucas as diferenças nos conteúdos escolhidos para relatar a física quântica, sendo que todos os livros citaram estudos e trabalhos referentes à antiga teoria quântica, mas poucos avançaram para períodos de estudos da física quântica mais contemporâneos (Ver sobre a

física de partículas e nuclear). Com isso, podemos concluir que de maneira geral, o conteúdo de física quântica estudado no ensino médio é correspondente à antiga teoria quântica.

Também não temos diferenças grandes no de item de avaliação “*Descreva as principais características do conteúdo de física quântica nessa obra?*”. De forma geral os livros apresentavam a conteúdo de física quântica de maneira parecida, isto é, se apresenta uma parte do conteúdo de forma tradicional, muitos recortes da história da física quântica, e uma parte para contextualizar e apresentar as principais equações e gráficos de descrição do fenômeno estudado. A diferença está no foco que os livros dão ao conteúdo de física quântica. As respostas a seguir vão mostrar bem essas diferenças:

Livro A:

R: Como não existe um capítulo específico desse tema, temos recortes de contribuição da física quântica no debate de natureza da luz e no capítulo final, que apesar de abordar muitos temas de física quântica, está muito mais centrado na parte de física de partículas.

Livro B:

R: Dá um foco muito grande aos trabalhos relacionados a física quântica de estudo do comportamento dos átomos. Não fala em efeito fotoelétrico e dualidade onda-partícula diretamente. Esse assuntos estão no capítulo 11 de eletromagnetismo. Tem um destaque maior para período anterior dos trabalhos de Planck, a fim de melhor explicar como foi os movimentos anteriores da física usando de teorias clássicas. Também tem um foco espacial na parte da geração de raios-X e da radioatividade.

Livro C:

R: Dá ênfase aos conteúdos estudados na revisão bibliográfica desse trabalho. Tem partes conteudistas clássicas, mas também tem a preocupação de ter caixas de debates e reflexões do conteúdo abordado e temas transversais ligado a esse conteúdo.

Nesses recortes de repostas podemos notar que não faltaram conteúdos de física quântica nos livros, mas alguns livros optaram por não dar um destaque para essa área da física, outros focam apenas em algumas partes da física quântica, e outros seguem bem os temas de física quântica estudados nesse trabalho. Com isso, podemos concluir que alguns autores quiseram focar mais em algumas áreas da física moderna e menos em outras, o que é legítimo desde que se tenham minimamente os conteúdos de física quântica nos livros, por se tratar uma área da física fundamental.

Com essas reflexões também podemos avaliar as perguntas “*Os conteúdos de física quântica apresentados são consistentes com outros que se apresentam na literatura dessa área da física?*” e “*A física quântica abordada no livro é adequada para o nível de ensino do público alvo?*”. Nessas duas perguntas todos os livros foram iguais, isto é, todos abordaram a física quântica adequada para o nível de ensino alvo, e todos estavam com o conteúdo de acordo com outras literaturas dessa área da física. Isso se deve pelo os livros serem obrigados,

no processo de seleção de PNLD, a seguir os padrões de currículo de física para o ensino médio, e os conteúdos básicos da física quântica.

Na parte de exercícios de física quântica, no qual a pergunta é “*Descreva as principais características dos exercícios de física quântica nessa obra?*”, podemos notar a existência de uma supremacia de questões mais voltadas para a matemática. De maneira alguma esse trabalho deixa de reconhecer a importância da matemática aliada à física. O progresso da matemática no mundo é o progresso da física, pois as duas são parceira de primeira ordem, e a física é muito importante para mostramos utilidades práticas de métodos matemáticos aprendidos. Mas não podemos cair na ilusão que só a parte matemática é suficiente quando são ministradas aulas de física. É importante dizer que a maioria dos livros didáticos pesquisados tinha exercícios de outras ordens, como voltados para a parte teórica da física, ou até mesmo fazendo perguntas mais voltadas para o lado cidadão do aluno, mas na maioria os exemplos e exercício eram voltados para a matemática.

Com esse debate de exercícios, vamos finalizar a avaliação do conteúdo de física quântica presente nos livros com a questão “*Nos conteúdos, exemplos e exercícios os autores tem a preocupação de ligar a realidade dos estudantes com a física quântica?*”. Na avaliação dessa resposta podemos notar que existe uma preocupação nesse debate na maioria dos livros. Isso se deve por ser uma tendência na educação, isto é, ligar a realidade do estudante com os conteúdos aprendidos na escola, e por ser um critério de eliminação na seleção dos livros no processo do PNLD 2015. Mesmo assim ainda tivemos algumas respostas um pouco conflitantes:

Livro A:

R: Sim, nessa obra foi dada muita importância, até mesmo porque esse livro tem essa característica, de ligar o conteúdo da física com experimentos, o mundo do trabalho e da tecnologia.

Livro B:

R: Sim, principalmente na parte de inovações tecnológicas, e nas seções de debates como por exemplo um debate proposto de como usar a energia nuclear para fins bons e ruins.

Livro C:

R: Não, pouquíssimas coisas. Nesse livro os assuntos são pragmáticos e a física mostrada é bem conservadora.

Podemos notar pelas respostas, que tendência é buscar esse tipo de abordagem nos livros, de uma física mais ligada no estudante, mesmo que se mude a forma que isso é feito na obra. Mas também existem ainda livros, como já foi debatido, que buscam um ensino mais conservador, e com exemplos baseados em realidades distantes.

5.2.3. Sobre a História da Física Quântica

Essa seção de avaliação finaliza a nosso capítulo de “Resultados e Discussão”, e também é a parte mais importante de interpretação de resultados, pois é o tema foco dessa pesquisa. Nessa parte será mostrado o estrato de perguntas que buscam mostrar como está os tópicos de história da física presente nas obras avaliadas. Antes da avaliação das perguntas podemos já dizer que todos os livros tinham presentes, pelo menos algumas citações de história de física quântica, o que já é um ponto positivo. Podemos presumir que isso aconteceu também pelas normas de seleção dos livros no processo do PNL D 2015, mas essa abordagem aparece de formas diferentes nos livros.

Podemos ver isso avaliando a primeira questão, “*Qual a importância que essa obra da para a história da física quântica?*”. Fica muito nítido que alguns livros mostraram pequenos recortes históricos, uns até resumidos demais, enquanto outras obras tiveram uma grande preocupação com esse tema. Podemos ver isso muito facilmente analisando a amostra de respostas a seguir:

Livro A:

R: Cita apenas alguns cientistas mais marcantes do assunto estudado. Não tem contextualização histórica da época e da ciência desse mesmo período.

Livro B:

R: Muito boa, pois traz o fato histórico que provocou os debates sobre física quântica, mostra os grandes físicos dessa área, e até tenta provocar o debate trazendo algumas consequências da física quântica no nosso mundo.

Livro C:

R: É dada uma importância boa. Existem campos específicos sobre isso, além de existir muitas passagens históricas da física nas explicações dos conteúdos.

Livro D:

R: Ela é importante, mas como todo o conteúdo de física quântica esta resumido, com exemplo podemos citar que no trabalho de Planck, não existe uma contextualização mais detalhada dos trabalhos anteriores como do Wien ou de Rayleigh-Jeans.

Podemos notar facilmente que temos livros realmente preocupados em mostrar a história da física, e dão uma grande importância para isso, mesmo que seja diferente a forma como o livro faz essa referência. Mas também temos livros que não deixaram de mostrar as partes de história da física, mas essa está apresentada em pequenas citações ou está de maneira muito compacta. Nessas citações de história da física nos livros, sempre existiu alguma referência aos físicos e principais cientistas que estavam envolvidos do tema

estudado. Falamos isso, pois está ligado as respostas para a pergunta “*Os físicos e grandes cientistas da área da física são abordados? De que forma?*”, onde todos tiveram respostas parecidas, sendo que as únicas diferenças estavam em que alguns livros deram bastante destaque para alguns cientistas, sendo que se tinha quadros com biografias detalhadas dos físicos estudados.

Um fato bem divergente, em termos de respostas das perguntas dessa pesquisa, foi na questão “*Os exercícios do livro trabalham com a história da física quântica? De que forma?*”. Como já tínhamos debatido antes, a maioria dos exercícios dos livros eram matemáticos, isto é, uma questão direcionada para a aplicação de equações do fenômeno estudado. Com isso, tivemos livros que não tinham exercícios com o contexto voltado para a história da física. Também tivemos livros com poucas questões de história da física, e ainda alguns livros que tinham uma distribuição mais igualitária em exercícios teóricos, reflexivos, históricos e matemáticos. Os recortes a seguir mostram bem essas diferenças:

Livro A:

R: Não, foco matemático e alguns de vestibulares.

Livro B:

R: Sim, mas só alguns exercícios.

Livro C:

R: Sim, alguns exercícios tem essa temática.

Podemos notar pelas respostas que houve uma divisão de respostas nesse item, mas a maioria dos livros apresentavam poucos ou nenhum exercício de história de física quântica. São poucas obras que tiveram uma visão nos exercícios menos matemática.

Outro item que teve respostas bem diversificadas, foi o “*É citada as contribuições de brasileiros nos trabalhos de física quântica ou mesmo da física moderna? Se sim, cite os casos.*”. Tivemos uma uniformização nos livros que citaram cientistas brasileiros, nesse item, no que se refere a forma de abordagem, que foi através de caixas específicas para isso. Tivemos também muitos livros que não citaram contribuições de brasileiros na física, sendo que esse trabalho avalia ser positivo esse tipo de abordagem no livro para mostrar que o jovem pode se tornar um físico ou cientista de destaque, pois existem exemplos em nosso país.

Esse documento buscou fazer essas perguntas apoiado em referências de qualidade, sendo que o texto “*Como Não Escrever Sobre História da Física- um Manifesto Historiográfico*”, de Roberto de Andrade Martins, mostrou como pode passar idéias erradas de história da física em livros, artigos, e outros escritos. Pensando nessa questão foi

formulado o item “*Existem informações generalizadas ou mesmo incorretas da história da física quântica nessa obra? Contextualize.*”.

Na análise dos livros para essa questão não encontramos erros, mas houveram alguns poucos pontos que eram confusos, ou até mesmo estranhos, como podemos ver a seguir:

Livro A:

R: No geral não, talvez na página 267 o autor, a fim de melhor explicar como Planck chegou a sua explicação para a radiação do corpo negro, tenha usado uma forma bem generalista. Não se sabe ao certo como Planck chegou na explicação quântica, se supõem que ele usou um método empírico. Se sabe ao certo que ele teve que deixar de concepções clássicas da física, o que ele mesmo achou estranho.

Livro B:

R: É bem confusa algumas passagens desse livros na explicação de como os físicos da época chegaram a suas descobertas, e alguns termos da física. Posso citar como exemplo como ele caracteriza a idealização de corpo negro "Embora se trate de uma idealização existem maneiras de se obter(corpo negro)...Uma delas é revestir um corpo qualquer com uma camada irregular de pigmentos pretos"(pg. 265). Outra passagem no mínimo confusa é uma atribuição do termo "quantum" com o termo "fóton" (pg.267)

Na resposta do livro A, nós avaliamos que o autor usou de uma forma muito generalista para avaliar como Planck chegou a sua equação para explicar o aspecto de radiação do corpo negro. Para explicar isso ele disse que Planck usou um processo semelhante a como se nós tivéssemos a resposta e, em cima disso, chegasse a uma equação. É sabido que Planck teve que abrir mão da física clássica para resolver essa questão, o que na época que ele postulou isso, 1900, foi contraditório até para ele mesmo, mas não é sabido com detalhes como ele chegou nessa definição, se presume que foi por um método empírico, mas sem detalhamento.

Na resposta B, tivemos um caso de explicação confusa para a caracterização de um corpo negro, e da atribuição do termo “quantum” ao termo “fóton”. Sobre a primeira questão essa idéia de corpo negro passada nesse livro está muito confusa. Na capítulo de embasamento teórico desse trabalho, no texto “A antiga teoria quântica” temos uma definição de corpo negro, junto com uma figura ilustrativa que nada se assemelha a essa explicação dada pelo livro B. Talvez na ânsia de tornar essa explicação mais fácil o autor tenha simplificado demais essa contextualização de como um corpo negro, idealizado por Kirchhoff. No segundo apontamento, atribuído ao livro B, temos uma informação inconsistente com as outras obras que estudam o tema, sendo que o termo fóton é um quantum de luz.

Para finalizarmos a avaliação da história da física, vamos avaliar as respostas dadas para o item “*É feita alguma forma de contextualização histórica da época onde se*

desenvolveu a física quântica? E sobre o desenvolvimento da ciência na época existe alguma citação?”. Essa questão foi feita com a intenção de fazermos o debate que a física não é um ilha, e todo o desenvolvimento da mesma ajudou no desenvolvimento de toda a humanidade. Da mesma maneira, fatos históricos e científicos foram essenciais para muitos avanços no estudo da física. Por esse motivo uma história da física isolada pode passar a idéia que a física se desenvolvia sem estar conectada com o que se passava no mundo na época, o que não é verdade. Ao longo dos estudos e na formulação do embasamento teórico desse trabalho notamos que a física só estava no contexto do que estava acontecendo no mundo. Por esse motivo, a física dessa época é tão revolucionária, pois nessa época tivemos muitos paradigmas quebrados, e mudanças de pensamentos levados a um novo século que se iniciava.

Apesar dessa preocupação, que esse documento levantou, apenas um livro fez uma contextualização adequada para a história geral e da ciência. Tivemos algumas obras que tiveram pequenos recortes de história geral, isso de forma muito pontual, mas a maioria dos livros se ateve a história da física isolada. Esse trabalho conclui que esse tipo de abordagem, da história da física isolada, não é uma forma de se abordar história mesmo que sendo de uma área específica, no caso a física. Uma história da física mais completa tem que se levar em conta tudo que fez o fenômeno estudado a ser questionado, sendo que fatos históricos fora da física com certeza tiveram seu papel nesse processo.

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fechamento desse trabalho vai trazer as conclusões extraídas nesse processo de pesquisa nos livros didáticos do PNL D 2015, no conteúdo referente a antiga teoria quântica, mas também trará breves questionamentos que surgiram durante a elaboração desse

documento, sobre pesquisa acadêmica, o ensino de física, e sobre a formação em Licenciatura em Física. Grande parte dos debates aqui levantados é acúmulo de uma formação de graduação, no caso Licenciatura em Física, e assim também é um resultado final a ser avaliado.

Com certeza, esse trabalho de pesquisa nos livros deixou algumas lições que serão levadas para sempre, junto com o professor que estará se formando. A primeira lição, é que a organização e disciplina são fundamentais na pesquisa acadêmica. Sem isso, essa pesquisa acaba por se tornar muito onerosa, o pode não ser concluída a tempo. É bom salientar que se tinha uma ideia básica dessa pesquisa desde o começo desse ano (2014), mas as aulas de preparação desse documento, a interação com os orientadores, e um maior comprometimento com a execução desse trabalho, se deu durante os últimos quatro meses, que foi o período definido para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso por meio do IFRS.

Também podemos citar como aprendizado advindo durante o processo de execução desse documento o estudo aprofundado em diversos referenciais bibliográficos, e em textos científicos sobre os temas debatidos. Com certeza, a parte referente à “revisão da literatura” foi fundamental, inclusive na avaliação dos livros, pois com todo esse estudo conseguimos inclusive refinar as concepções sobre física quântica, história geral e história da ciência existente. Com isso, a avaliação dos conteúdos referentes aos temas já citados ficou um pouco facilitada, além do que o capítulo de “revisão da literatura”, é uma referência deste trabalho para criação de perguntas no questionário de avaliação. Não podemos esquecer de falar, quando estamos debatendo sobre a parte de embasamento teórico, dos textos que serviram de referência para a montagem da pesquisa, tal como a da ficha de referência. A leitura desses artigos, e mesmo o Guia do Livro Didático PNLD 2015- Física, foram fundamentais para organizar esse trabalho e também a avaliação dos livros didáticos.

Muitos desses artigos e leituras também nos deram uma base para podemos extrair os resultados dessa pesquisa de maneira qualificada. De maneira geral, podemos concluir que a maioria dos livros didáticos avaliados está bem próxima do modelo de abordagem de história da física, e de ensino de física defendido por esse trabalho. Mas também tivemos algumas obras que apresentaram um conteúdo e uma abordagem mais conservadores da física. Como já foi debatido, no capítulo de análise “Resultado e Discussões”, existem educadores que defendem um ensino de física “conteudista” e voltado para o lado matemático, trazendo inclusive argumentos de defesa dessa tese. Essa não é a visão defendida por esse documento,

mas reconhecemos a diversidade das ideias, e que o ensino de física assim como toda a sociedade está em disputa constante de ideias e concepções.

Para finalizarmos esse trabalho, devo dizer que para a elaboração do mesmo foi fundamental a base acadêmica existente. Nesse trabalho usamos principalmente conhecimentos de física quântica, mas também tivemos que utilizar noções de eletromagnetismo, ondulatória, termodinâmica, e física clássica em geral além de conhecimentos básicos de história geral, filosofia, sociologia, português e matemática. Algumas dessas áreas citadas aparecem de forma mais direta, com citações pertinentes, mas outras aparecem de forma mais discreta, sendo que essas são frutos do acúmulo advindo de um curso de graduação. Por esse motivo não podemos deixar de falar que a formação acadêmica é um passo fundamental no crescimento pessoal de qualquer pessoa. Tudo é concreto e finito, mas só conhecimento é para sempre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SADER, Emir. **Século XX: uma Biografia não Autorizada**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2000.

CHAUÍ, Marilena. *Convite a Filosofia* – São Paulo – SP: Editora Ática, 2004

BIEZUNSKI , Michel- *História da Física Moderna*. Instituto Piaget (Divisão Editorial) 1993 Lisboa (Portugal).

MARTINS, Roberto de Andrade. Como Não Escrever Sobre História da Física- um Manifesto Historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, p.113-129, 2001.

Moreira, M.A. e Koff, E.D. (1985). O questionário como instrumento de coleta de informações sobre o ensino. In : Moreira, M.A. (Org.). *Ensino na universidade: sugestões para o professor*. Porto Alegre: Editora da Universidade.

Cad.Cat.Ens.Fís. v.17, n.2 p.115-121, ago.2000