



DECANATO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Matéria e Radiação: Uma Abordagem Contextualizada ao Ensino de Física

Autor:

Marcelo David Silva de Mesquita

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras

Brasília – DF

Março de 2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Matéria e Radiação: Uma Abordagem

Contextualizada ao Ensino de Física

Marcelo David Silva de Mesquita

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. **Cássio Costa Laranjeiras** e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Março

2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO DAVID SILVA DE MESQUITA

Matéria e Radiação: Uma Abordagem Contextualizada ao Ensino de Física

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração Ensino de Física, pelo Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em de

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras (IF-UnB)
(Presidente)

Prof.^a Dr.^a Eliane Mendes Guimarães (FUP-UnB)
(Membro Interno)

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux (IF-UnB)
(Membro Interno)

Prof. Dr. Ricardo Gauche (IQ-UnB)
(Suplente)

A minha família, em especial aos meus pais, com amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores e os alunos do PPGEC-UnB que lutaram para que o sonho do mestrado em Ensino de Ciências se tornasse realidade.

Em especial, agradeço ao professor Cássio Costa Laranjeiras pela orientação e pelo aprendizado durante nossos diálogos sobre a ciência, a educação e a escola.

RESUMO

Neste trabalho será abordada a temática “Matéria e Radiação” como instrumento de reflexão e exercício de inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (FMCEM). O diálogo permanente na forma de interações radiação-matéria pode ser compreendido como um privilegiado mecanismo de compreensão do mundo, proporcionando, além de uma leitura da realidade física, uma adequada articulação entre diferentes conteúdos da Física neste nível de ensino. Superando a tradicional perspectiva centrada na mera inclusão de novos tópicos agregados a organizações curriculares já existentes, pretende-se aqui realizar uma releitura curricular que permita vislumbrar caminhos adequados para a construção de uma abordagem dinâmica, inovadora e contextualizada da Física. A leitura articulada da Pedagogia Dialógica de Paulo Freire e da Epistemologia Histórico-Crítica de Gaston Bachelard reúne elementos constitutivos do nosso referencial teórico-metodológico. Como proposição didática, apresentamos, na forma de “Lições de Física”, uma proposta de Material Didático Instrucional (MDI) de apoio ao professor e aos alunos.

ABSTRACT

Throughout this paper we discuss the theme "Matter and Radiation" as a tool for reflection and exercise of insertion of Modern and Contemporary Physics in high school (FMCEM). The ongoing dialogue in the form of radiation-matter interactions can be understood as a key mechanism for understanding the world, providing us, and a reading of physical reality, a proper coordination between different contents of physics at this level of education. Overcoming the traditional approach focused on the mere inclusion of new topics to organizations aggregate existing curriculum, it is intended here a new reading curriculum that allows us to see ways appropriate to build a dynamic, innovative and context of physics. Reading articulated dialogic pedagogy of Paulo Freire's Epistemology and Historical-Critical Gaston Bachelard meet constituent elements of our theoretical method. As didactic proposition, we present in the form of "Lessons in Physics", a proposed instructional Handouts (MDI) to support the teacher and students.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: O ESTADO DA ARTE.....	13
1.1 Do Reconhecimento da Ausência ao Consenso em Torno da Necessidade	13
1.2 Dos Caminhos Propostos: Tensões e Contradições	22
1.3 Em busca de uma Releitura Curricular	30
CAPÍTULO 2 – FREIRE E BACHELARD: O PEDAGÓGICO E O EPISTEMOLÓGICO APONTANDO CAMINHOS.	35
2.1 A Pedagogia Dialógica e Libertadora de Paulo Freire	35
2.2 A Epistemologia Histórico-Crítica de Gaston Bachelard.....	40
2.3 Contextualização e conhecimento científico, histórico e cotidiano.....	44
CAPÍTULO 3 – MATÉRIA E RADIAÇÃO: UM DIÁLOGO PERMANENTE DE COMPREENSÃO DO MUNDO	50
3.1 Matéria, Radiação e Suas Interações.....	50
3.2 Construindo uma Abordagem Contextualizada da Física	59
3.3 Lições de Física	60
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
APÊNDICE A – LIÇÃO 1 (PLANEJAMENTO/ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR) 72	
APÊNDICE B – LIÇÃO 2 (PLANEJAMENTO/ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR) 75	
APÊNDICE C – LIÇÃO 3 (PLANEJAMENTO/ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR) 78	
APÊNDICE D – LIÇÃO 1 – DO QUE O MUNDO É FEITO?.....	81
APÊNDICE E – LIÇÃO 2 – RADIAÇÃO – UMA INFORMAÇÃO A CERCA DO MUNDO.....	88
APÊNDICE F – LIÇÃO 3 – MATÉRIA E RADIAÇÃO – UM DIÁLOGO PERMANENTE DE COMPREENSÃO DO MUNDO	93

Introdução

Após o término de uma de minhas aulas, como professor de Física do Ensino Médio, fui assistir a uma aula de biologia, ministrada por um colega de trabalho. Nesta aula ele abordava o tema citologia, que se relacionava à divisão celular e, após alguns minutos de exposição do conteúdo, mencionou o que poderia afetar a divisão celular e causar uma anomalia. Entre vários fatores mencionados, ele deu especial atenção à radiação, como sendo hoje um dos maiores fatores responsáveis por mutações, e prosseguiu citando como exemplo a ingestão de alimentos contaminados por radiação ou a exposição à luz do sol de forma demasiada. Naquele momento lembrei-me de algo que eu havia lido sobre a irradiação de alimentos, uma técnica utilizada para eliminar insetos presentes em grãos, farinhas, frutas, vegetais etc. Em pequenas doses, ela impedia que batatas, cebolas e alhos brotassem e aumentava significativamente a vida útil de frutas moles armazenadas em prateleiras, como morangos (exemplo que ele havia citado, dizendo não comer mais). Mal sabia ele que se há uma coisa que a radiação não faz, é deixar os alimentos radioativos.

Lembro que ele comentou o fato de se fazer tratamento com radiofármacos, quimioterapia e radioterapia. Confesso que me contive, estava cheio de questionamentos, eu queria suscitar uma discussão em torno do tema, que é piloto dessa dissertação. Como gostávamos de discutir sobre vários outros temas, falei que naquele momento todos nós estávamos emitindo radiação e que a todo instante nosso corpo era bombardeado por partículas altamente energéticas provindas do sol e de outros lugares do universo. Acrescentei ainda que as próprias paredes daquela

sala emitiam radiação e, na verdade, todos os corpos emitem radiação. Continuei a discussão dizendo que a própria terra é responsável por uma parcela muito grande da radiação que incide sobre nós e que as radiações podem ter propiciado a grande diversidade biológica na Terra, o que obviamente nos inclui. Com essas informações, queria quebrar com a falsa concepção, bastante comum, de que a radioatividade é algo novo no nosso mundo.

Lembro-me também de ele ter falado que a radiação podia ser dividida em duas formas, a ionizante e a não ionizante. Todas elas podendo interagir com a matéria, sendo a ionizante capaz de arrancar elétrons de átomos e romper ligações químicas. Pensei que se naquela sala estivesse um professor de química, a discussão seria mais contagiante, todos nós estaríamos mais eufóricos, pois a radiação que estudamos na aula de biologia, química e física é a mesma e, na verdade, essa divisão da ciência em diferentes ramos é artificial, já que essas partes do conhecimento se comunicam, mantendo uma relação entre elas.

Sempre que menciono o tema Radiação em minhas aulas, vejo que há uma espécie de fobia automática, o que é perfeitamente compreensível tendo em vista diferentes contextos que acabaram por negatizar a temática, preocupando também a comunidade científica. Entre as preocupações, uma das maiores se deve ao fato de as radiações causarem efeitos biológicos nos seres humanos, fato este de conhecimento relativamente recente, datando do final do século XIX, com a descoberta da radioatividade e dos raios X. Houve uma época em que o uso dessas radiações foi indiscriminado, surgindo uma necessidade de estudos mais meticulosos dos efeitos biológicos dessas radiações nos seres humanos, como danos na pele e queda de cabelo em pacientes irradiados. Percebi que os alunos

não estavam informados dos benefícios, que são muitos, advindos do uso dessas radiações ionizantes, sendo os principais a cura de tumores através da terapia e a detecção precoce de doenças por meio do exame de raios X.

É com base no tema *Matéria e Radiação*, que este trabalho será desenvolvido, discutindo a importância da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio.

O capítulo 1 mostrará que há um consenso entre os trabalhos analisados em relação à utilização de tópicos de FMC na atualização do currículo de Física do Ensino Médio, entretanto, a forma como fazê-lo, ainda constitui um problema em aberto. Nesse sentido, é estabelecido o que poderia ser uma proposta de ensino, com a produção de *Lições de Física* que possam contemplar tais tópicos.

A expectativa é que tal proposta seja vista como uma possibilidade de inserção de FMC no currículo de ensino básico, e não de maneira isolada em um currículo que já é bastante extenso. Para exemplificar a importância de um trabalho em contextos reais, que já impõe de forma natural a interdisciplinaridade no ensino de Física, consideramos o tema *Matéria e Radiação* por estar fortemente ligado às tecnologias atuais, pertencendo ao cotidiano dos estudantes. Consideramos ainda que *Matéria e Radiação*, no momento em que dialogam, estabelecem as bases para uma melhor compreensão do mundo. Outro aspecto importante é que há uma fobia muito grande com qualquer coisa de natureza “nuclear” ou “radioativa”, análoga à fobia provocada pelo advento da eletricidade, ambas baseadas na falta de conhecimento sobre o núcleo atômico e seus processos, sendo necessária a compreensão da ciência como um importante meio para entender e controlar o ambiente.

Será discutido no capítulo 2 aspectos fundamentados em uma estratégia de aprendizagem em Ciências, inerentes ao processo de ensino-aprendizagem na perspectiva freiriana que coloca o diálogo como elemento central, e os obstáculos relacionados ao próprio conhecimento científico explicitados por Bachelard.

No capítulo 3 será apresentada a forma pela qual surgiram os conceitos trazidos nas “Lições de Física” bem como os procedimentos adotados para sua elaboração, mencionando a escolha para a sequência e suas limitações em vista do que já foi discutido nos capítulos anteriores.

No apêndice deste trabalho, como sugestão ao professor e ao aluno, reunimos uma sequência de três “Lições de Física”, acompanhadas de um planejamento e um conjunto de orientações ao professor.

Capítulo 1 – Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: O estado da arte

Ao longo deste capítulo descreveremos e comentaremos alguns trabalhos que discutem a temática da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (FMCEM) e apresentaremos algumas reflexões com o objetivo de vislumbrarmos caminhos adequados para a construção de uma abordagem dinâmica, inovadora e contextualizada da Física.

1.1 Do Reconhecimento da Ausência ao Consenso em Torno da Necessidade

Na primeira metade da década de 1990, propostas e trabalhos apresentados em diversos encontros científicos nacionais e internacionais sobre o ensino de Física (SNEF, EPEF, RELAEF, REF, ENSEÑANZA, GIREP)¹ levantaram discussões acerca das possíveis inovações e tendências necessárias ao currículo do Ensino Médio (CARVALHO e VANNUCCHI, 1995). Nesses encontros começavam a se delinear as tentativas de inclusão da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio, deixando evidente a necessidade de a escola integrar-se

¹ SNEF: Simpósio Nacional de Ensino de Física, EPEF: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, RELAEF: Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física, REFs: Reunión Nacional de Educación en la Física, Revista Enseñanza de las Ciencias, GIREP: Groupe International de Recherche sur l'enseignement de la Physique.

ao mundo atual e, ao mesmo tempo, preparar o aluno para conviver em uma sociedade em que os conhecimentos científicos e a capacidade de utilizar diferentes tecnologias são fundamentais.

A proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) estabelece como objetivo principal o desenvolvimento pelo aluno de competências específicas em Física, em decorrência do aprendizado dessa disciplina e das tecnologias a ela relacionadas, sendo, dessa forma, imprescindível que o estudante do Ensino Médio (EM) conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida. É só imaginar como temos o mundo ao alcance de nossos dedos com um pequeno telefone celular, coisa que foi possível com o advento de técnicas sofisticadas, que utilizam materiais de alta tecnologia desenvolvidos a partir do século XX. Daí, a importância de se introduzir conceitos básicos de FMC como forma de proporcionar ao aluno uma compreensão do mundo. No entanto, o ensino de Física, atualmente, ainda está dissociado do que há de mais tecnológico em nossa sociedade, sendo pouco abordado em sala de aula, não permitindo ao aluno uma leitura da realidade Física.

Segundo Ostermann (2000), existe consenso hoje, em nível internacional, entre físicos e professores de física, quanto à necessidade de inserir no ensino médio, assuntos de FMC nos currículos de Física escolar. Entretanto, é reduzido o número de trabalhos publicados que consideram essa problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização.

Segundo Oliveira (1992), no Brasil, pode-se considerar que a preocupação em aproximar o ensino de Física do ensino médio da ciência física deste século inicia de forma mais ampla na década de 60, a partir do "efeito sputinik"².

Quanto à introdução de conceitos modernos da Física, quatro grandes projetos brasileiros podem ser citados como precursores nacionais, são eles: o Projeto de Ensino de Física (PEF), o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF), o Física Auto-Instrutiva (FAI) e, mais recentemente, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) (TERRAZAN, 1994).

Através da influência de vários projetos estrangeiros, tais como o Physical Science Curriculum Study (PSCS), Biological Science Curriculum Study (BSCS), Chem Study e Chemical Bond Approach (CBA) (HODSON e GIL-PÉREZ apud OLIVEIRA, 1992), o nosso ensino experimentou a tentativa de ingressar na discussão de conceitos mais contemporâneos da ciência.

Em agosto de 1992, realizou-se em Gramado-RS, a V Reunião Latino-Americana de Educação em Física. Um dos grupos de trabalho, coordenado por Eduardo Adolfo Terrazan e com participação de 15 pesquisadores de vários países (Argentina, Brasil, Colômbia, Espanha, México e Uruguai) discutiu o tema "A Física Contemporânea no ensino da física e a formação do professor de física". Em suas recomendações finais, considerou-se que "a Física Clássica, a Moderna, a Contemporânea e a atual constituem uma unidade".

² O "efeito Sputnik" representa todo um contexto surgido a partir da segunda metade dos anos 50 do século XX, cuja origem foi o lançamento do primeiro satélite artificial pela então União das Republicas Socialistas Soviéticas (URSS). Esse episódio desencadeou, junto aos países do então bloco anti-soviético, uma enorme preocupação com a qualidade da educação científica em diferentes níveis de ensino, sobretudo na Educação Básica.

Como consequência dessa nova perspectiva curricular no país, pode-se notar que o desenvolvimento de iniciativas que visam a implementação de FMCEM, no qual grande parte dos projetos desenvolvidos em nosso país limita-se basicamente à discussão de aspectos como a especificação do currículo, a necessidade de se privilegiar leis gerais e conceitos fundamentais exigindo pouca matematização, a compatibilidade do estudo da Física Clássica e da Física Quântica dentro da mesma programação e a falta de professores preparados para o ensino da Física Moderna. Esses são alguns dos aspectos mais relevantes que devem ser considerados ao se discutir essa temática, apontados por Terrazan (PINTO & ZANETIC, 1999).

Com relação à viabilidade da introdução de tópicos de FMC, Ostermann e Moreira (2000) em uma revisão bibliográfica sobre a área de ensino de Física, com alunos da graduação em Física, nas aulas dessa disciplina em escolas públicas e particulares concluíram que

[...] é viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da Física Clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis.

Ostermann e Moreira (2000) ainda relatam algumas justificativas para a inserção de FMCEM, em sua revisão bibliográfica, das quais destacam-se:

- Despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano; e

- O ensino de temas atuais da física pode contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de física.

Ostermann (2000) ainda relata como justificativa, o fato de os estudantes não terem contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Sendo inaceitável esta situação, em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente. Nesse sentido, parafraseando, o professor João Zanetic, da USP, dizia ser necessário que “*ensinemos a física do século XX antes que ele acabe*”³. Já é um pouco tarde, temos que correr atrás do prejuízo.

Ainda sobre esse aspecto da inserção de FMC no currículo básico, Terrazan (1994) defende que

a Física desenvolvida na escola média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca (...) Nesse nível de escolaridade devemos estar formando um jovem, cidadão pleno, consciente e sobretudo capaz de participação na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade. (TERRAZAN, 1994, p. 39)

É notável que Terrazan (1994) ao mencionar sua preocupação no pensar e interpretar o mundo como forma de permitir que o aluno tenha uma participação mais efetiva, haverá uma preocupação no *como fazer*, para isso, destacamos dois

³ Citado por Eduardo Adolfo Terrazan em seu artigo: **A inserção da Física Moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992, pag. 211.

tipos de preocupação que, no entendimento desse autor, devem ser complementares. A primeira refere-se à própria inclusão na programação do Ensino Médio de tópicos relativos aos desenvolvimentos mais recentes da física, e a segunda diz respeito à apresentação dos conteúdos sob um ponto de vista mais moderno. Como justificativa para o fato de serem complementares, Terrazan (1992) afirma que a segunda preocupação remete necessariamente para se apresentar os conteúdos de Física de uma forma abrangente, o que implica na inclusão de tópicos da Física deste século.

No que se refere aos alunos do Ensino Médio, é importante refletir como despertá-los para o mundo e reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. A respeito desses aspectos, Paulo (1997 apud OSTERMANN & MOREIRA, 2000) considera pertinente a introdução de FMC no ensino médio, visto que esta faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Esse autor acredita também que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza.

Pereira (1997 apud OSTERMANN & MOREIRA, 2000) destaca que o mundo contemporâneo é altamente tecnológico e que para compreendê-lo é função da escola, principalmente dos programas de Ciências Naturais e Sociais e de Física, Química e Biologia, incluir no seu currículo os assuntos relevantes para a formação de um cidadão esclarecido sobre o que o cerca, capaz de tomar suas decisões,

assim como desempenhar sua função social e econômica de forma condizente com a época em que vive.

Valadares e Moreira (1998) concordam que é imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e pode definir seu futuro profissional. É importante a introdução de conceitos básicos de FMC e, em especial, mostrar a relação entre a física da sala de aula e a física do cotidiano.

Os estudos desses autores vêm ao encontro de nossos anseios, apontando possíveis caminhos para a melhoria do ensino de Física, tendo em vista a inserção de FMCEM, para o desenvolvimento de uma educação voltada para a participação dos indivíduos, devendo estes, estarem capacitados a compreender os avanços tecnológicos atuais de modo que suas colocações sejam mais fundamentadas.

Por isso, a influência crescente dos conteúdos de física moderna e contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mundo, definem por si só a necessidade de se debater e estabelecer as formas de abordar tais conteúdos na escola média. (TERRAZAN, 1994, p. 43)

Outro fator que justifica a inserção da FMC no currículo do ensino médio é o próprio aspecto legal. Com base nos PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio), que têm como objetivo auxiliar os educadores na reflexão sobre a prática diária em sala de aula e servir de apoio ao planejamento de aulas e desenvolvimento do currículo da escola, tem-se que:

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdos, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da Lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. (BRASIL, 1999, p. 23)

As necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à FMC não como um tópico a mais no fim do Nível Médio, mas como um desdobramento de conhecimentos indispensáveis para a formação do indivíduo, tal que este seja capaz de acompanhar o ritmo de transformação do mundo atual.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais, por sua vez, mencionam conteúdos a serem trabalhados no ensino, assinalando também que as disciplinas científicas têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX. Nesse sentido, os referidos Parâmetros propõem uma renovação de conteúdos que proporcione condições aos alunos para que possam desenvolver uma visão de mundo atualizada. De maneira propositiva são apresentadas como habilidades e competências necessárias para tal:

Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea. Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias da medicina, por meio de tomografias ou diferentes

formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos como uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo. (BRASIL, 2006, p. 15)

Em função disso, a formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às diferentes áreas de formação. Propõe-se assim, um ensino médio em que a formação geral se integra à formação específica a partir de uma visão integrada e integradora do conhecimento científico. Enquanto nos países da Europa e nos Estados Unidos a discussão gira em torno de como apresentar conteúdos sobre FMC, já efetivamente inseridos no currículo do nível médio, no Brasil, por exemplo, continua-se a discutir como tornar efetiva essa inserção. (FREIRE *et. all*, 1995, *apud* PINTO e ZANETIC, 1999).

As análises e proposições de Terrazan (1994), o levantamento bibliográfico de Ostermann e Moreira (2000) e os Parâmetros Curriculares Nacionais formam um conjunto de referências suficientes para respaldar a inclusão de FMCEM. Dessa forma, é importante ressaltar que as tentativas de inclusão da FMC nos currículos têm como objetivo a renovação do ensino de ciências, aproximando o conhecimento científico do cidadão comum,

Os documentos analisados, que vão de artigos de diferentes autores aqui citados e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são resultado de longo trabalho, que contou com a participação de muitos educadores, inclusive de nível internacional, tendo a marca de suas experiências e de seus estudos produzidos no contexto das discussões pedagógicas atuais.

Assim, ensino de ciências deve enfatizar também o aspecto *ensino*, combinando o conteúdo específico e os progressos da ciência e tecnologia com os propósitos gerais da educação, trabalhando com os estudantes a produção científica ao alcance de sua interpretação e crítica.

1.2 Dos Caminhos Propostos: Tensões e Contradições

Há divergências entre os pesquisadores da área de ensino, quanto à melhor forma de se abordar tópicos da Física Moderna e Contemporânea ao Ensino Médio. Coadunam-se com essas reflexões Ostermann e Moreira (2000, p. 9) quando ressaltam que *“além de ser um tanto escassa a literatura a respeito de questões metodológicas sobre o ensino de FMC nas escolas, há várias divergências a respeito de que caminho deve ser tomado”*.

Como reflexo da atualização curricular já é possível encontrar em livros didáticos nacionais voltados para o Ensino Médio, textos que abordam temas de FMC. Com relação às possíveis causas de ainda não ter ocorrido uma efetiva inserção da FM no ensino médio dentro da sala de aula, Corrêa *et. all* (2003) mencionam as dificuldades dos professores nesse campo da Física que, cientes disso, evitam sua abordagem; também aludem à *“possível dificuldade dos alunos no trato de conceitos abstratos”*. Contraopondo-se a isso, Ostermann e Moreira (2000) afirmam que investigações em ensino de Física têm mostrado que a Física Clássica também se apresenta difícil e abstrata para alunos que apresentam dificuldades conceituais para compreendê-la.

Ainda que a descrição dos fenômenos não seja fácil para alunos tão jovens ou que pertençam a carreiras não científicas, a opção não deve ser a exclusão de tópicos tão importantes e populares (HODSON, *apud* GRECA & LOBATO, 2005, p. 119).

Pinto e Zanetic (1998) destacam várias dificuldades que devem ser enfrentadas na introdução da Física Quântica no ensino médio. A primeira refere-se ao formalismo matemático inerente à descrição quântica; outra, diz respeito às novidades conceituais que se distanciam da Física Clássica de forma ainda mais acentuada do que esta da Física do senso comum; a terceira dificuldade está relacionada com o tratamento experimental dos temas quânticos. “*Assim, temos que ir em busca de formas alternativas e tentativas*” (PINTO & ZANETIC, 1999, p.8).

Uma possível abordagem, como estratégia de ensino, pode ser obtida com a utilização da *História e da Filosofia da Ciência* que rompe com a estrutura curricular e metodológica das abordagens tradicionais no ensino de Física (FAGUNDES, 1997, *apud* PINTO & ZANETIC, 1998, p. 9).

Terrazan (1994) registra, ainda, a existência de três vertentes representativas de abordagens para a inserção de FMCEM:

- i. A exploração dos limites clássicos que é defendida por Daniel Gil Pérez e Jordi Solbes (1988; 1993 *apud* TERRAZAN, 1994), do grupo de pesquisa da Universidade de Valência, na Espanha. Tal abordagem apresenta-se em bases construtivistas, respeitando a evolução histórica dos conceitos físicos. Terrazan ressalta que, tal abordagem, ao pensar a utilização da Física Moderna e

Contemporânea a partir dos limites da Física Clássica, pode adequar-se a nossa realidade educacional, pois diferentemente da realidade espanhola, onde a FMC é trabalhada com alunos do ensino médio, em nossos programas escolares não existe esse assunto.

ii. A não utilização de referências aos modelos clássicos. Segundo essa proposta, defendida pelo grupo da Universidade Livre de Berlim (FISCHLER & LICHTFELDT, 1991, 1992), é necessário evitar que os estudantes interpretem os fenômenos quânticos a partir de conceitos clássicos, quebrando explicitamente com ideias anteriores e enfatizando os aspectos singulares da descrição quântica.

iii. A escolha de tópicos essenciais, como possíveis caminhos a serem seguidos. Essa terceira vertente é defendida por Arnold Arons (1990), da Universidade de Washington, EUA, situa-se em uma zona intermediária em relação às anteriores. Mesmo respeitando a evolução histórica dos conceitos físicos, Arons argumenta que não se pode trabalhar todos os conceitos da Física Moderna no nível médio, sendo suficiente trabalhar alguns conceitos como elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica e talvez os primeiros aspectos qualitativos da relatividade (TERRAZAN,1994).

Greca e Moreira (2001) ampliam essa lista, adicionando as tendências por ênfase nos aspectos:

iv. Histórico-filosóficos em que os defensores desse tipo de proposta consideram importante o ensino da Mecânica Quântica (e de tópicos de Física

Moderna, em geral) por ser parte da herança cultural do nosso tempo e acreditam que os estudantes devem perceber as mudanças epistemológicas e culturais decorrentes do seu surgimento e, para isso, o melhor caminho é a introdução histórica, destacando as diferenças em relação aos modelos e as formas de raciocínio da Física Clássica.

v. Abordagens experimentais onde se enfatiza fundamentalmente a importância das experiências para o processo de aprendizagem. Stefanel (1998) citado por Greca e Moreira (2001) discute a necessidade de incorporar de maneira não descritiva os conteúdos de Mecânica Quântica. Considera que a atividade de laboratório *"ainda que limitada aos aspectos introdutórios é a base desta abordagem experimental"*.

Dessa maneira, enquanto a primeira valoriza a incorporação da dimensão epistemológica da revolução quântica, as outras pareceriam enfatizar a aprendizagem de conceitos. A segunda proposta pretende proporcionar a aprendizagem de conceitos clássicos auxiliares, enquanto a terceira tenta provocar o conflito cognitivo com as concepções que os estudantes trazem para a sala de aula. A quarta abordagem, em linhas gerais, enfatiza uma questão recorrente no ensino de Física que é a utilização de experiências como o recurso mais importante para convencer os estudantes da factibilidade de uma teoria científica, embora a proposta de Stefanel pareça avançar um pouco além disso (GRECA & MOREIRA, 2001).

Contudo, mesmo dentro dessa classificação ampliada, as iniciativas de introdução de temas da FMC apresentam variações, não sendo nossa intenção

opor-se a uma ou outra vertente. Terrazan (1994) coaduna-se com essas reflexões quando ressalta que

diante das opções metodológicas que se apresentam atualmente, a melhor postura é sem dúvida uma abertura para a adoção da metodologia mais adequada ao desenvolvimento de cada área temática, e não uma exclusividade metodológica para desenvolver todo e qualquer tópico de uma programação didática. Acreditar que deva existir uma abertura para a adoção de metodologias adequadas para cada tópico a ser abordado. (TERRAZAN, 1994, p. 81)

Em torno da discussão metodológica empregada em textos destinados ao currículo básico, Osvaldo Canato Junior (2003), em sua dissertação de mestrado apresentada à Universidade de São Paulo, analisa alguns livros didáticos e materiais instrucionais destinados a escola média que abordam a FMC, afirmando que

[...] a grande maioria dos casos, são textos descontextualizados que mais parecem um apêndice colocado ao final da lição, a fim de supostamente qualificá-la como moderna e coerente com as orientações do PCNEM. (CANATO, 2003, p. 66)

Alguns trabalhos de autores como Alberto Gaspar em sua coleção *Física* (2001), Torres *et. all* em seu volume único *Física, Ciência e sociedade* (2001), Maximo e Alvarenga na coleção *Curso de Física* (2000) e ainda trabalhos elaborados para professores nos três volumes do GREF, já trazem algumas inserções de FMC, além de novidades relacionadas à ordem dos conteúdos.

Na coleção de Alberto Gaspar, destaca-se a preocupação com a preparação do professor e do aluno para tomar contato com as “novas” ideias da Física. Por exemplo,

ao explicar o conceito de ponto material, uma abstração conceitual construída no âmbito da Mecânica, o referido autor explora os limites dos modelos clássicos, situando o princípio da incerteza como uma reflexão acerca da impossibilidade de localização precisa de corpos extraordinariamente pequenos.

Torres (2001) ressalta que a metodologia empregada por muitos dos textos voltados para o ensino de FMC segue uma sequência histórica, respeitando, ao que se parece, a evolução histórica dos conceitos físicos. No volume único de Torres (2001) há uma apresentação em sua parte final, da teoria da relatividade de Einstein e da teoria quântica, abrangendo desde a solução de Planck do corpo negro até o princípio da incerteza de Heisenberg e a física nuclear, desde a radioatividade até a cosmologia. Tanto nessa coleção, como na de Gaspar, apresentando diversos exemplos de aplicação tecnológica.

Para Canato (2003), seguir fielmente as ideias da nova Física adotando a ordem histórica das descobertas científicas deve merecer maior atenção, sendo, no mínimo, duvidoso que essa seja a melhor escolha para tornar os principais conceitos da Física do século XX compreensível aos jovens. Segundo esse autor,

[...] não parece ser sempre necessário, e nem sempre é didático, marcar a introdução de FMC na escola média pela descrição dos detalhes das inconsistências teóricas que marcaram a transição da Física clássica para a Física quântica. Estamos há cerca de um século daqueles acontecimentos e podemos utilizar essa “vantagem” para nos desvencilhar das confusões que marcaram aquela revolução científica [...] (CANATO, 2003, p 70)

Seguindo ainda uma sequência tradicional quanto à disposição dos conteúdos, mencionamos que a coleção *Curso de Física* (2000) de Maximo e

Alvarenga merece um destaque especial no que se refere à introdução dos tópicos de FMC. No primeiro volume da coleção, encontramos dois tópicos que discutem a teoria da relatividade de Einstein e as limitações da mecânica newtoniana, promovendo uma melhor contextualização em relação aos textos analisados anteriormente.

Entre outras coleções, destacamos *Os fundamentos de Física* de Francisco Ramalho, Nicolau Gilberto Ferraro Paulo e Antonio Toledo Soares, com notável esforço de trazer a FMC nos capítulos 18, 19 e 20, do volume 3 com a introdução de conceitos relacionados à Relatividade Especial e a Física Quântica, mais uma vez os textos seguindo do ponto de vista histórico, uma sequência. Em grande parte dos tópicos, os conteúdos são apresentados de maneira descontextualizada, lançando mão de formalismo matemático, embora tenha linguagem acessível e, em alguns casos, acompanhados por uma apresentação gráfica atraente com fotos, diagramas e desenhos. Um dos aspectos importantes do texto é a exemplificação de diversas aplicações tecnológicas desses conhecimentos.

No que concerne à experimentação e à possibilidade de aprofundamento do aprendizado de FMC, há uma lacuna nos livros em relação a esses tópicos, sendo suprida por alguns textos paradidáticos como o de Tavaloro e Calvancante (2003).

Valadares e Moreira (1998) apresentam sugestões conceituais e práticas, de como introduzir no ensino médio tópicos de FMC relacionados com o cotidiano dos alunos, discutindo não somente temas de FMC, como também sugerindo várias aplicações que se relacionam com o cotidiano deles, pois cada vez mais nos deparamos com novos aparelhos eletrônicos (por exemplo, o onipresente computador) e opto- eletrônicos (displays de cristal líquido, leitoras óticas, xerox,

impressora laser etc.), dispositivos automáticos (portas e torneiras automáticas), sistema de controle (portão eletrônico, controle remoto de televisão e DVD), novos usos do laser em medicina (em operações para eliminar defeitos da visão, tatuagens, pedras nos rins e no tratamento de queimados, entre outros) e nas telecomunicações (fibras óticas), além de várias outras aplicações em áreas industriais. Tudo isso e muito mais está presente em casa, nas lojas, nos hospitais, supermercados, carros, aeroportos. E por que não estar também presente nas próprias escolas?

Dessa maneira, torna-se imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional, sendo, assim, necessária a introdução de conceitos básicos de FMC e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano (VALADARES & MOREIRA, 1998).

Valadares e Moreira (1998) ilustram seu enfoque em três tópicos, a saber, o efeito fotoelétrico, o laser e a emissão do corpo negro, enfatizando algumas de suas aplicações através de experiências simples e acessíveis a escolas com modestos financeiros, como forma de proporcionar a construção de uma série de modelos e protótipos de dispositivos e equipamentos que ilustram os princípios da Física Moderna e suas aplicações práticas. Com isso o estudante passa a ter uma motivação a mais, já que ele passa a ver o mundo com “outros olhos”.

Para Valadares e Moreira (1998),

é necessário resgatar o interesse dos alunos pela Física. Cada um de nós que está ligado de uma forma ou de outra ao ensino de Física sabe que o seu estudo permite uma compreensão básica da natureza, além de desenvolver nos estudantes uma série de habilidades que podem dar vazão à sua criatividade, proporcionando prazer, alegria e desafios. Sem isso, é possível tornar a Física uma disciplina interessante e atraente. (VALADARES E MOREIRA, 1998, p.122)

1.3 Em busca de uma Releitura Curricular

Pretende-se aqui uma releitura curricular que permita vislumbrar caminhos adequados para a construção de uma abordagem contextualizada da Física no que concerne à inserção de tópicos de FMCEM. Acredita-se que a inserção do ensino de conceitos de FMC requer uma concepção nova de currículo, que contemple aspectos epistemológicos da ciência física.

Alguns parâmetros para o desenvolvimento de atividades dirigidas à inserção da Física Quântica no Ensino médio são sugeridos por Terrazan (1992): a especificação do currículo, a necessidade de se privilegiar leis gerais e conceitos fundamentais exigindo pouca matematização, a compatibilidade do estudo da Física Clássica e da Física Quântica dentro da mesma programação e a falta de professores preparados para o ensino da Física Moderna são alguns dos aspectos mais relevantes que devem ser considerados ao se discutir esta temática.

O ensino de Física (ou de qualquer outra área do conhecimento em ciências) que seja oferecido segundo uma única perspectiva, por exemplo, o formalismo (ou

"formulismo") conceitual e a solução de exercícios, corre o risco de não conseguir estabelecer um diálogo profícuo com boa parte dos alunos (PINTO E ZANETIC, 1998). O conhecimento físico deve ser considerado uma construção humana, pois a *Física Também é Cultura* (ZANETIC, 1989).

Ostermann e Moreira (1998), com a finalidade de obter uma lista consensual, entre físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do ensino médio, sobre quais tópicos de Física Contemporânea deveriam ser abordados na escola média, afirmam que

[...] se quiséssemos atualizar o currículo de Física neste nível, chegamos a seguinte lista final: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas. (Ostermann e Moreira, 1998, p. 43)

Contudo, Astolfi e Develay (2006) ressaltam que o valor intrínseco de um conteúdo nunca é suficiente para fundar sua inserção didática, mas esta depende também de um projeto educativo que conduza a uma seleção entre as várias possibilidades.

Certamente, ensinar FMC não é uma tarefa fácil. Seus princípios fogem da visão clássica de mundo que possuímos. Assim, as implicações resultantes de conceitos como os de superposição de estados, princípio de incerteza, dualidade onda-partícula, distribuição de probabilidades e não localidade continuam até hoje

provocando acalorados debates, sendo alvo de críticas até mesmo daqueles que contribuíram a moldá-la (GRECA, MOREIRA & HERSCOVITZ, 2001).

Como vimos na seção 1.2, a metodologia empregada por muitos dos textos voltados para o ensino de FMC tenta seguir uma sequência histórica, respeitando, aparentemente, a evolução histórica dos conceitos físicos, mas nem sempre apresentando o conhecimento interligado às condições de sua determinação, o que, de acordo com Bachelard (1996), traz uma falta de “precisão”, não sendo reconhecido dessa forma como conhecimento científico.

Atualmente estamos a um século depois dos acontecimentos e, para Canato (2003), isso é uma “vantagem” para nos desvencilharmos das confusões que marcaram aquela revolução científica. Seria, assim, necessário fazer escolhas em relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecendo para isso referências apropriadas, uma vez que o vasto conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola média (BRASIL, 2002). Aqui me coloco a favor de usar como estratégia o resgatar a História da Ciência como forma de inserir o aluno no contexto de construção do conhecimento, que sinta que é parte de um mundo que é alvo de revoluções que mudam o pensamento e a forma de encerrar o que está ao nosso redor. Exemplo disso é a relatividade de Einstein, que revolucionou a forma de pensar o espaço e o tempo, antes independentes um do outro.

Kragh (1992, apud GRECA & MOREIRA, 2001), indica que há, pelo menos, duas razões importantes para a introdução da perspectiva histórica no ensino de

ciências: o impacto da ciência não pode ser entendido sem a compreensão das mudanças pelas quais passou ao longo da história e a impossibilidade de se entender o que a ciência é e como avança o conhecimento científico sem a dimensão histórica do processo. Kragh também afirma que, por razões práticas, não é possível (nem desejável) ensinar um tópico científico exclusivamente através de uma perspectiva histórica.

Freire *et. all* (1995, *apud* GRECA & MOREIRA, 2001) consideram essencial a introdução tanto de temas clássicos como quânticos no nível médio como *"produto histórico da nossa civilização e não como uma disciplina que só tem expressões com significado matemático"*, pois acreditam que isso pode ser feito em diferentes partes do currículo, modificando necessariamente as apresentações dos conceitos da Física Clássica. Os estudos desses autores corroboram com os anseios atuais, sob a perspectiva histórica, com a proposta ambientada na origem do conhecimento, caracterizando uma contextualização histórica. Acredita-se que apoiados na hipótese que o exercício de inserção de FMC no Ensino médio, evitando a fragmentação imposta por um currículo extenso, pode-se levar a um patamar em que isso não se constituiria mais um problema, mas sim, uma estratégia de evitar um ensino como ainda hoje em nossa realidade escolar, descompassado e atrasado, visto que ainda nos detemos na Física produzida até o século XIX. Mas como poderíamos superar o tradicional caminho de se pensar a introdução da FMCEM para além da mera justaposição de tópicos considerados modernos e contemporâneos?

A construção de uma abordagem contextualizada da Física, onde privilegia o diálogo, pode fazer uma adequada articulação entre diferentes conteúdos da Física no ensino médio, superando a tradicional perspectiva centrada na mera inclusão de novos tópicos agregados a organizações curriculares já existentes, além disso, uma proposta de ensino que pode favorecer e ampliar o aprendizado do aluno na escola, deve passar a investigar os porquês dos conteúdos, a fazer uma reflexão crítica, e o professor, por sua vez, a levar o aluno a fazer “pensando”, questionando a realidade em que vive.

A inserção de tópicos de FMC como uma proposta para o Ensino Médio está centrada na possibilidade de atualização e inovação curricular, trazendo tópicos de uma Física mais contemporânea para as salas de aula, por meio da qual se possa contemplar um outro mundo, um mundo que muitas vezes não conseguimos visualizá-lo, como as radiações eletromagnéticas, os raios infravermelhos e raios X e a estrutura da matéria.

CAPÍTULO 2 – Freire e Bachelard: O Pedagógico e o Epistemológico Apontando Caminhos.

Neste capítulo busca-se explicitar aspectos complementares, ao mesmo tempo ressonantes, entre os pensamentos de Paulo Freire e Gaston Bachelard.

A perspectiva de conhecimento de Freire nos guiará na compreensão do diálogo como elemento fundacional do processo pedagógico. A epistemologia histórico-crítica de Gaston Bachelard, ancorada nos conceitos de “Ruptura” e “Obstáculo Epistemológico” nos permitirá aprofundar elementos também essenciais para a construção do conhecimento científico.

2.1 A Pedagogia Dialógica e Libertadora de Paulo Freire

Como referencial teórico, sobretudo no que diz respeito a aspectos mais propriamente pedagógicos do processo educativo, referenciamo-nos em Paulo Freire e na sua ênfase quanto à importância do diálogo como elemento fundacional do processo educativo.

Em contraposição a “educação bancária”, que situa o educando como um mero receptor de informações advindas do professor, Freire nos remete a uma “educação libertadora”, aquela que é alicerçada no diálogo como elemento norteador do processo educativo, nos objetos de conhecimentos como mediador desse diálogo e na necessidade de inserção do educando como sujeito das ações educativas.

Segundo Freire,

nela (na educação bancária), o educador aparece como seu indiscutível agente, como o seu real sujeito, cuja tarefa indeclinável é “encher” os educandos dos conteúdos de sua narração. Conteúdos que são desconectados da totalidade em que se engendram e em cuja visão ganhariam significação. (FREIRE, 2005, p. 65).

Uma educação nesses termos, além de conduzir os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado, torna-se um ato de mero depósito de supostos saberes, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante (Freire, 2005).

Sobre esse aspecto, “*o educador não tem o senso do fracasso justamente porque se acha um mestre.*” (Bachelard, 1996, p.24).

Paulo Freire afirma

quanto mais se exercitem os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica de que resultaria a sua inserção no mundo, como transformadores dele. Como sujeitos. (FREIRE, 2005, p. 68).

Ao contrário da educação bancária, a educação libertadora, problematizadora é realizada pelo professor com o aluno, considerando o educando como sujeito da ação educativa, ou seja, a educação é com o educando e não sobre educando, em que o diálogo deve ser uma constante na educação problematizadora. É por meio do diálogo que os homens são capazes de construir o mundo, sendo o diálogo, uma exigência existencial (Freire, 1978).

Em verdade não será possível a educação problematizadora, que rompe com esquemas verticais característicos da educação bancária, realizar-se como prática da liberdade, sem superar a

contradição entre o educador e os educandos. Como também não lhe seria possível fazê-lo fora do diálogo. (FREIRE, 2005, p. 78).

Sendo assim, para Freire, a base da pedagogia é o diálogo. A relação pedagógica necessita ser, acima de tudo, uma relação dialógica e, sobre o diálogo,

Paulo Freire afirma:

Se o dialogo é o encontro dos homens para ser mais, não pode fazer-se na desesperança. Se os sujeitos do diálogo nada esperam do seu que fazer, já não pode haver diálogo. O seu encontro é vazio e estéril. É burocrático e fastidioso.

Finalmente, não há dialogo verdadeiro se não há nos seus sujeitos um pensar verdadeiro. Pensar crítico. (FREIRE, 2005, p. 82)

De acordo com Paulo Freire, somente o diálogo que implicar o pensar crítico, será capaz também de gerá-lo e o diálogo começa na busca do conteúdo programático, sendo necessário para tanto, o professor, concebido agora como educador-educando, se perguntar sobre o que dialogar com o educando-educador. *“Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo.”* (FREIRE, 2005, p. 78).

Em um importante trabalho em que analisa detidamente o conceito de “Comunicação” em contraposição ao de “Extensão”⁴, Freire nos convida a uma caracterização mais específica do conceito de educação dialógica. Afirmando e destacando que o aluno não é uma tábula rasa, conforme expressão de uso corrente na pesquisa em ensino de Ciências.

⁴ *Comunicação* no sentido da busca de uma dialogicidade ao invés da *extensão* no sentido de simplesmente comunicar resultados, o que é criticado no livro, como quando agrônomos apenas comunicam extensivamente os resultados obtidos em suas pesquisas relativas à produção agrícola aos agricultores através de uma absoluta ausência de diálogo.

Paulo Freire defendia uma relação dialógica entre educadores e educandos e se deparou com uma prática, durante o processo de reforma agrária no Chile dos anos 60, onde os técnicos agrícolas acabavam por não considerar as diferentes experiências, tradições e cultura, característicos daquele grupo social (camponeses), com os quais trabalhavam. Desconhecendo a visão de mundo dos camponeses, acabavam por desenvolver um processo antidialógico, onde os camponeses eram compreendidos como receptores passivos no processo. Caracterizando essa atividade de “extensão”, expressão que carrega em si mesma o sentido de transferir, de entregar, de depositar algo em alguém. A respeito disso, quando o educador se recusa a ‘domesticação’ dos homens, sua tarefa corresponde ao conceito de comunicação e não ao de extensão (Freire, 2005).

Freire propõe a quebra da verticalidade onde um ator é sujeito e o outro objeto, para uma relação onde todos possam ser sujeitos atuantes, que agem e pensam criticamente, acreditando que o conhecimento só se materializa como tal, na medida em que for apreendido e aplicado à realidade concreta.

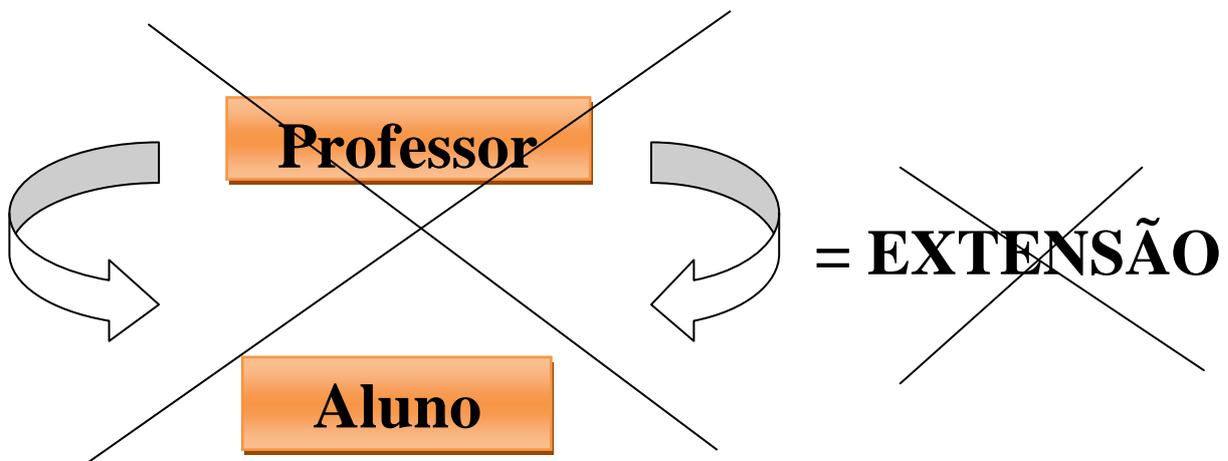
O que se pretende com o diálogo, em qualquer hipótese (seja em torno de um conhecimento científico e técnico, seja de um conhecimento “experimental”), é a problematização do próprio conhecimento em sua indiscutível reação com a realidade concreta na qual se gera e sobre a qual incide, para melhor compreendê-la, explicá-la e transformá-la. (FREIRE, 1982, p.52)

Trata-se, portanto, de uma relação dialógica que se estabelece como exigência existencial para aqueles comprometidos com o processo de transformação da realidade, que não tem como finalidade domesticar e tampouco manipular as

opiniões dos educandos, mas sim uma educação que se empenha em trabalhar conhecimentos que possam possibilitar a transformação da realidade.

Enquanto a relação de verticalização impossibilita o processo de “comunicação”, uma relação horizontal estabelecida entre sujeitos que querem conhecer possibilita a “comunicação”, estando mediados por um objeto de conhecimento, atribuindo-se ao professor uma posição que vai além de ser um mero “depositador”.

A comunicação pode ser verticalizada, não produzindo o diálogo desejado, essa estrutura vertical constitui o quadro das relações de transformação homem-mundo, e se caracteriza pela intersubjetividade, pela intercomunicação.



A comunicação pode ser horizontalizada gerando o diálogo através da linguagem, esta solidariedade intercomunicativa entre unidades distintas constitui o domínio da “estrutura horizontal”.



Assim, a ação extensionista não pode ser compreendida como ação educativa, a não ser em uma perspectiva transmissivista do conhecimento, de uma ação sobre as pessoas, uma invasão cultural. Ao contrário, comunicar-se significa uma ação conjunta, libertadora.

2.2 A Epistemologia Histórico-Crítica de Gaston Bachelard

Em “A formação do Espírito Científico”, Bachelard aborda, sobretudo, a noção de "obstáculo epistemológico", apontando as condições psicológicas do processo de construção do conhecimento científico, o psiquismo humano apresentando fortes resistências em abandonar velhas ideias e aceitar as novas. *“Por isso é grande nosso mau humor quando vêm contradizer nossos conhecimentos primários, quando querem mexer no tesouro pueril obtido por nosso esforço escolar.”* (Bachelard, 1996, p. 51). Nesse processo, observam-se lentidões e conflitos que representam obstáculos na aquisição do conhecimento científico. É contra esses obstáculos que o “espírito” deve lutar, pois

é aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas da inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (...) o ato de conhecer dá-se contra um

conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (BACHELARD, 1996, p.17)

Ele defende também que o conhecimento real nunca é imediato e pleno, pois existem obstáculos que se incrustam no que cremos saber, em conhecimentos mal questionados, e acabam ofuscando o que deveríamos saber, afirmando que o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras.

Bachelard aponta para a questão do ensino, embora não tenha se dedicado a escrever nenhum livro tratando especificamente da educação, menciona que o trabalho educativo consiste essencialmente em uma relação dialógica, em que *“todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico”* (BACHELARD, 1996, p. 18).

Esse conhecimento não deve se dar por meio de um intercâmbio de ideias, mas sim a partir de sua construção, que não deve basear-se na opinião, sendo antes de tudo, preciso destruí-la. Este é o primeiro obstáculo a ser superado. Dessa forma, vemos mais uma vez, a educação não podendo basear-se no ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes (Freire, 1978).

É necessário ainda que formulemos com clareza as questões, pois o espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre que questões que não conhecemos. Assim, *“[...] na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo [...] Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”* (BACHELARD, 1996, p.18).

Em consequência do exposto acima, a aprendizagem não deve possuir o caráter em que os educandos sentam-se passivamente para ver e ouvir. Assim podemos notar que há uma conexão entre a dimensão epistemológica de Bachelard e a dimensão pedagógica de Freire, estando estas em contraposição a educação bancária, que se prende pelo acúmulo de informações. Na forma dialógica é necessária reconstrução do conceito a ser transmitido, não existindo a passagem do conceito por mera repetição do dito, como informações percorrendo uma correia de transmissão.

As informações só se transformam em conhecimento na medida em que modificam o espírito do aprendiz, e o ato de conhecer dar-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, sendo, para isso, o próprio conhecimento questionado, para que não se torne um *obstáculo epistemológico* (Bachelard, 1996). Quanto a isso, Bachelard afirma que chega um momento em que o espírito prefere o que confirma seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que de perguntas. E na educação, a noção de obstáculo epistemológico é desconhecida, sendo alvo de crítica o desconhecimento de tais obstáculos por parte dos professores. Bachelard afirma:

Acho surpreendente que os professores de Ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. (...) Não levem em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos; não se trata, portanto de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida quotidiana. (BACHELARD, 1996, pág. 23)

Os obstáculos epistemológicos foram descritos por Bachelard, quando ele analisava as condições históricas de formação dos conceitos científicos. Trata-se da resistência oferecida por conceitos considerados verdadeiros, em um determinado período, e que, na realidade, dificultam a formação de um novo saber.

Para Bachelard, o espírito científico ficará entravado já na origem do conhecer por dois obstáculos: o inicial que é a experiência primeira, ou observação primeira, onde deverá haver uma ruptura, e não continuidade, entre a observação e a experimentação; o pensamento empírico assumindo um sistema que é falso, que irá mobilizar o pensamento, tendo a utilidade de desprendê-lo, afastando-o do conhecimento sensível. Essa ruptura epistemológica torna-se uma marca da teoria bachelardiana, a partir de um processo dialético através da análise dos obstáculos sedimentados pela vida cotidiana.

Para Bachelard, as experiências primeiras podem no máximo ser retificadas e explicitadas por novas experiências. Citando Buffon, Bachelard menciona que é essencial que se forneçam ideias e fatos às pessoas de modo a impedi-las de fazer raciocínios apressados e de estabelecer relações precoces. Bachelard ainda menciona que *“a busca apressada da generalização leva muitas vezes a generalidades mal colocadas, sem ligação com as funções matemáticas essenciais do fenômeno.”* (BACHELARD, 1996, pág. 70).

O pensamento generalizante faz com que a experiência perca o estímulo, as generalidades de primeira vista, baseado em dados provenientes dos sentidos, designadas por meros registros diretos, por tabelas de observação, que formam a base

de um conhecimento estático, excluindo perturbações. Quanto a essas perturbações, Bachelard afirma que

um dos aspectos mais notáveis da Física Contemporânea é que ela trabalha quase que exclusivamente na zona das perturbações. É das perturbações que surgem na atualidade os problemas mais interessantes. Enfim, sempre chega o momento em que é preciso romper com as primeiras tabelas da lei empírica. (BACHELARD, 1996, pág. 73).

É dentro da perspectiva, que reúne as ideias de Freire e Bachelard, que serão elaboradas as “lições de física”, como material didático instrucional para subsidiar o professor em uma tarefa para a qual a sua formação se mostre insuficiente, tendo o diálogo como elemento central e como tarefa investigar os conhecimentos pré-existentes a partir da reflexão crítica do senso comum. A partir daí, proporcionar alternativas que possam explorar as contradições e limitações da experiência primeira, para que se possa promover as rupturas necessárias entre o conhecimento baseado no senso comum e o conhecimento científico, exigindo para tanto a superação dos obstáculos epistemológicos advindos do conhecimento comum.

2.3 Contextualização e conhecimento científico, histórico e cotidiano

A construção de uma abordagem contextualizada da Física, na qual privilegia o diálogo, pode fazer uma adequada articulação entre diferentes conteúdos da Física no ensino médio, superando a tradicional perspectiva centrada na mera inclusão de novos tópicos agregados a organizações curriculares já existentes, sendo pertinentes as seguintes perguntas como forma de proporcionar um melhor entendimento sobre o que estamos propondo: O que é contextualização? E que estratégia(s) devemos adotar para que construamos uma abordagem no ensino de Física, como forma a proporcionar ao estudante uma releitura da realidade?

De acordo com o dicionário Houaiss, contextualizar é o ato de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação, ou seja, inserir certo tema no tempo e espaço, integrados num contexto. A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um meio de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania. Os PCNs (BRASIL, 2002) ampliaram a discussão da contextualização no ensino de Ciências. O documento traz orientações que reforçam o estudo de contextos como ponto de partida para a articulação entre conhecimentos das disciplinas de cada uma das áreas.

Em 2006, foram publicadas as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Esse documento contribui para o debate sobre a contextualização como um pressuposto importante no ensino de Ciências, uma vez que tem o papel de mediar o diálogo entre as disciplinas, principalmente daquelas que tomam como

objeto de estudo o contexto real, situações de vivência dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais e as aplicações tecnológicas.

Em função disso, a contextualização pensada por nós, se apresenta como forma de buscar a integração entre o saber científico e o cotidiano das pessoas, articulando diferentes dimensões do conhecimento científico.

González (2004, *apud* SILVA, 2007), numa discussão mais conceitual, apresenta três possíveis dimensões para a contextualização. A primeira se refere à contextualização histórica, que se caracteriza por mostrar como e por que surgem as ideias e teorias científicas, uma espécie de entendimento dos contextos históricos que envolveram os estudos dos cientistas em suas épocas.

A contextualização metodológica é a segunda dimensão apresentada por González (2004, *apud* SILVA, 2007). O autor aponta que os conteúdos não devem ser postos como um fim em si mesmo, e que estes, na sua gênese, sofreram influências de outros conhecimentos das diversas áreas do conhecimento humano.

E por último, a dimensão da contextualização socioambiental, que é apregoada pelos PCNEM, aproximando o objeto do aluno, dando-lhe sentido e significado que se caracteriza como um modo de ver a utilidade da ciência em nosso entorno e no modo de interagir com o mundo.

Dentro dessas dimensões, Westphal, Pinheiro e Teixeira (2005) ressaltam que a contextualização histórica ambientada na origem do conhecimento, aproxima o aluno do cientista, do construtor, do produtor desse conhecimento, desmitificando a ciência e tornando o seu objeto de estudo mais palatável e motivador. Atenua-se a

visão estereotipada do cientista como um ser sobrenatural, de inteligência sobre-humana e, por isso, inalcançável, bem como se eliminam julgamentos equivocados que conferem a determinada cultura ou sociedade o status de atrasada ao analisá-la com os olhos do conhecimento atual.

Daí a importância do uso da História da Ciência no ensino de Física, pois os próprios PCNEM propõem que

[...] a Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos... [que] o surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram. (BRASIL, 1999, p. 235)

Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado. (BRASIL, 2002, p. 59)

Do ponto de vista mais prático e aplicado, a abordagem sob a perspectiva histórica pode ser pensada como estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias, característica de uma contextualização histórica. Os defensores desse tipo de proposta como vimos no **Capítulo 1**, acreditam que os estudantes devam perceber as mudanças epistemológicas e culturais decorrentes do surgimento de determinado conhecimento e que para isso o melhor caminho é a introdução histórica, destacando as diferenças em relação aos modelos e as formas de raciocínio das diferentes épocas.

A contextualização como estratégia didático-pedagógica servirá para problematizar a realidade vivida pelo aluno, tornando-os parte de um contexto histórico onde se deu determinado conhecimento, extraíndo-o e projetando-o para análise em seu contexto atual. Revelasse dessa forma a progressão e a construção de explicações, modelos, teorias e leis, bem como os saltos conceituais, as rupturas epistemológicas vivenciadas em um determinado momento do desenvolvimento científico. Ao contrário disso, em uma visão a-histórica da ciência, transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas, transmitindo dessa forma uma visão rígida, fechada e dogmática.

Uma proposta de ensino que pode favorecer e ampliar o aprendizado do aluno na escola deve passar a investigar os porquês dos conteúdos, a fazer uma reflexão crítica, e o professor, por sua vez, a levar o aluno a fazer “pensando”, questionando a realidade em que vive, não se perdendo de vista o que afirma Bachelard (1996) *“todo o conhecimento é a resposta a uma pergunta”*.

Fazer um resgate da dimensão histórica da Ciência pode possibilitar uma melhor compreensão da natureza da ciência por parte dos alunos do ensino médio, por abrirem-se portas para o diálogo em suas várias dimensões entre o professor e os alunos, diálogo esse que pode proporcionar também a exploração dos obstáculos epistemológicos representados na visão do senso comum onde geralmente se apóiam algumas teorias, apresentando suas potencialidades e limitações.

Outro aspecto essencial que o resgate da dimensão histórica da Ciência pode mostrar é a dinâmica em que se dá o desenvolvimento de novas ideias, evidenciando como novos processos foram se desenvolvendo até proporcionarem, muitas vezes, revoluções importantes.

CAPÍTULO 3 – Matéria e Radiação: Um Diálogo Permanente de Compreensão do Mundo

Focados no tema *Matéria e Radiação* com as “Lições de Física”, que dispomos na íntegra nos Apêndices, procuramos ao longo dos textos apresentados nas lições estabelecer um diálogo permanente acerca das bases e aplicações da FMC, que facilita a compreensão de questões que têm se mantido além do escopo da Física Clássica.

A próxima seção servirá para subsidiar a elaboração do texto das lições a partir de algumas discussões que surgiram no decorrer do nascimento da FMC.

3.1 Matéria, Radiação e Suas Interações

Por volta de 1880, a Física alcançou um estágio de desenvolvimento que parecia não apenas difícil, mas até mesmo desnecessário superar. Existe uma longa série de frases na web atribuídas a Lord Kelvin⁵, um dos mais importantes físicos da época, em que o mesmo dizia não haver nada de novo para ser descoberto na física, tudo o que resta são medições mais e mais precisas. Em 1862, os trabalhos de Maxwell sobre a propagação da luz, transportando energia em campos elétricos e magnéticos oscilantes, reforçaram a previsão de Thomas Young, em 1801, em seu “experimento da fenda dupla”, que a luz era um fenômeno ondulatório, só restando, então, medir, com maior precisão, os valores das

⁵ À Lord Kelvin são atribuídas ainda outras frases, algumas verdadeiras e outras apócrifas. Origem explicada devida a proeminência de Lord Kelvin no cenário científico da época. (Schulz, 2007, p. 511)

constantes físicas fundamentais e trabalhar na implementação de aplicações para tantos conhecimentos acumulados. O arcabouço teórico parecia abarcar a totalidade dos fenômenos Físicos. Os trabalhos de Maxwell vieram a completar o que se iniciara com a Mecânica de Newton. Entretanto, Albert Einstein, em 1905, publicou um artigo merecedor do premio Nobel que desafiava a teoria ondulatória da luz. Até então, havia uma pequena inconsistência teórica a ser resolvida e alguns poucos fenômenos ainda não satisfatoriamente equacionados, mas tudo parecia ser apenas uma questão de tempo. Uma das mais famosas frases atribuídas a Lord Kelvin menciona o fato de existirem no céu da física, duas “nuvenzinhas”⁶.

Em 1900, o físico teórico alemão Max Planck apresentou um artigo encontrando a solução para o dilema colocado por uma das duas “nuvens”, fornecendo o conceito de quantização, lançando a hipótese que corpos aquecidos (em especial, do chamado "corpo negro", que absorve toda radiação incidente) emitiam energia radiante em “pacotes” discretos, que ele chamou de quanta. Planck explicou os picos nas curvas de radiação do corpo negro (Figura 1) relacionando a temperatura de um corpo negro com a intensidade da energia irradiada em um dado comprimento de onda. Ele dividiu a luz em “pacotes” ou quanta e atribuiu a cada um, uma energia (E) relacionada com sua frequência (f). Esse raciocínio levou à

⁶ Peter A. Schulz (2007) traz uma análise sobre as **duas nuvens**, trazendo registros escritos que dão a interpretação adequada às nuvens, como a discutida a seguir em que a fonte original é um artigo publicado em 1901, versão revisada de um discurso proferido no ano anterior. O título do artigo é: "Nuvens do século dezenove sobre a teoria dinâmica do calor e da luz". O primeiro parágrafo deixa claro do que trata o artigo, ou seja, a inexistência do éter.

equação $E=h\cdot f$, onde h era uma nova constante da natureza, hoje conhecida como constante de Planck. Era o nascimento oficial da Física Quântica.

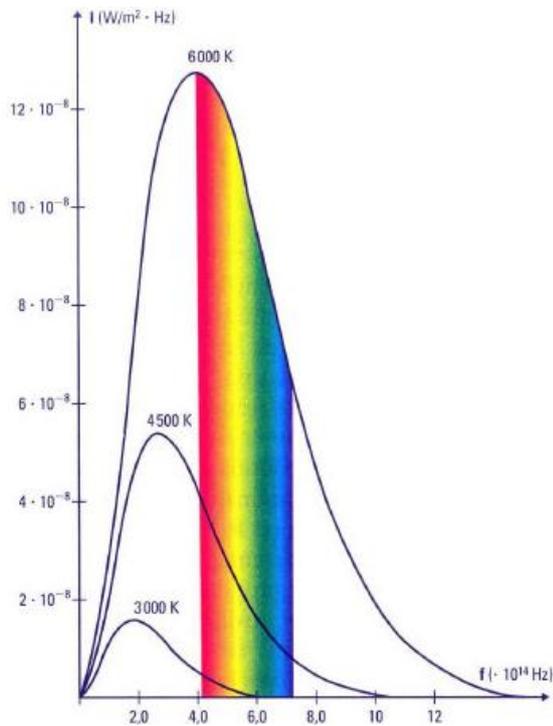


Fig.1- Curvas de radiação de corpo negro (fonte: A. Gaspar, 2001, p. 337).

Em 1905, A. Einstein usou essas ideias para explicar o efeito fotoelétrico. Em um dos cinco artigos que publicou nos *Annalen der Physik*, Einstein propôs uma ideia revolucionária: a quantização do campo eletromagnético. De acordo com a Eletrodinâmica Clássica de Maxwell, uma onda eletromagnética é contínua no tempo e no espaço e sua intensidade é determinada pela amplitude do seu campo elétrico. Em seu artigo, contudo, Einstein⁷ escreveu:

De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é

⁷ EINSTEIN, A. O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física. Organização e Introdução de JOHN STACHEL. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001. p. 201-222.

distribuída sobre volumes cada vez maiores no espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço, que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.

Einstein propôs, dessa forma, que a energia radiante está quantizada em pacotes concentrados, que mais tarde vieram a ser chamados de fótons. A natureza corpuscular da radiação foi dramaticamente confirmada em 1923 pelas experiências de Compton.

Não só o conceito de radiação sofreu mudanças ao longo da história, o conceito de átomo que foi introduzido no século 5 a.C. por Leucipo e elaborado por Demócrito, tentando buscar explicações racionais para a natureza, sofreu grandes mudanças. Os átomos até o final do século XIX eram considerados elementos sem estrutura. Porém, J. J. Thomson, em 1897, propôs uma grande mudança na ciência, pela primeira vez comprovaria que o átomo era composto e não elementar como se pensava antes, apresentando um modelo em que o átomo era uma esfera homogênea de carga positiva dentro da qual estavam encravadas as cargas negativas, os elétrons descobertos por ele no mesmo ano.

Enquanto Planck e Einstein explicavam as inusitadas características da radiação de cavidade e do efeito fotoelétrico, a Física Experimental continuava a desnudar aos olhos humanos o mundo microscópico e a hipótese sobre a constituição atômica da matéria ganhava solidez.

Ernest Rutherford, meia dúzia de anos após Einstein ter enunciado sua explicação para o efeito fotoelétrico, realizou seu famoso experimento da folha de ouro (Figura 2), revelando que o átomo é praticamente um espaço vazio, com a

maior parte de sua massa concentrada na região central – o núcleo. A verificação experimental detalhada das previsões do modelo nuclear de Rutherford para o átomo deixou pouco espaço para dúvidas em relação à validade desse modelo. Segundo os relatos de Rutherford em 1910 sobre os resultados do experimento, o mesmo dizia que era quase tão incrível como se você disparasse um obus de 15 polegadas contra um lenço de papel e ele fosse defletido para trás atingindo você (Nussenzveig,1998).

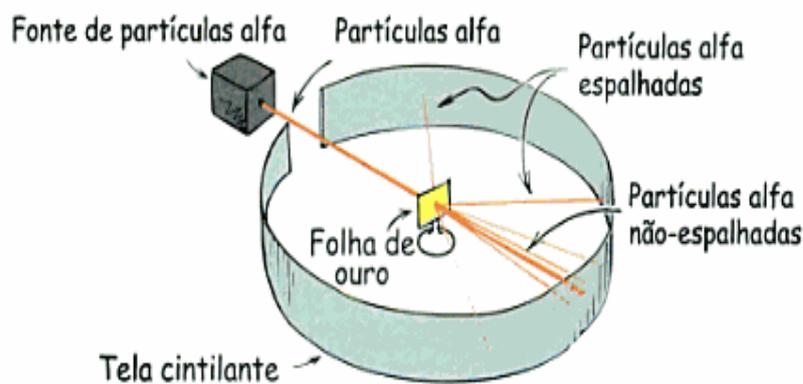


Fig. 2 – Experimento de Rutherford (fonte: Física Conceitual, 2008, p. 202)

Rutherford concluiu que a explicação do fenômeno exigia a modificação do modelo atômico proposto por Thomson, apresentando um modelo de átomo onde deveria ter toda a sua massa concentrada em um pequeno volume central – o núcleo - com carga positiva, em torno do qual girariam os elétrons com carga negativa, estrutura atômica análoga ao sistema solar: os planetas são os elétrons e o Sol é o núcleo, mas a atração é eletromagnética e não gravitacional, como no sistema solar. Mas, o modelo de átomo formado pelos elétrons de Thomson e pelo

núcleo de Rutherford não funcionava direito, pois pelas leis da física de Newton e do eletromagnetismo se o elétron girasse em torno do núcleo, ele estaria sob a ação de uma força centrípeta e, conseqüentemente, de uma aceleração centrípeta. Segundo a Teoria Eletromagnética, a previsão era que cargas elétricas aceleradas deveriam irradiar energia continuamente. Logo, o elétron girando em torno do núcleo deveria perder energia, colapsando, indo em direção ao núcleo. E ainda, essa radiação deveria ter um espectro de emissão contínua, algo que não era observado. Dessa forma, não seria possível imaginar a existência de um átomo com cargas elétricas em órbitas circulares (os elétrons). Mas, as descobertas feitas por Rutherford levaram a uma nova interpretação da natureza e da estrutura da matéria, ou seja, um novo modelo atômico desde a descoberta do elétron por Thomson.

Em 1913, Niels Bohr, seguindo o sistema atômico de órbitas circulares de Rutherford e acrescentando alguns elementos, tomou para si a tarefa de encontrar justificativas teóricas, capazes de suportar o modelo atômico de Rutherford. Desenvolveu um modelo que apresentava concordância quantitativa precisa com dados espectroscópicos para o átomo de hidrogênio, conhecido como modelo planetário do átomo. Esse modelo, porém, não funcionou bem para os outros átomos, mas serviu para indicar que a física quântica era o caminho para explicar os átomos.

Rutherford, de posse de dados experimentais, começou então, a acreditar em um parceiro neutro do próton na formação do núcleo. Mas coube a James Chadwick (1891-1974), então aluno de Rutherford, à descoberta do nêutron, trazendo para a

Física, consequências relevantes. Naquela época, todos acreditavam que o núcleo atômico era formado de prótons e elétrons.

A descoberta de que o núcleo atômico era constituído de prótons e nêutrons, colocou em cheque a sua estabilidade, pois prótons repelem um ao outro por terem cargas positivas e, uma vez que os nêutrons não têm carga e os prótons são carregados positivamente e se repelem uns aos outros, por que o núcleo não explodiria? Não se poderia contar com o núcleo mantido unido apenas pela força eletromagnética. A gravidade não poderia ser, pois é de fraca demais para exceder a força eletromagnética.

O físico japonês Hideki Yukawa conferiu à Física uma nova visão de força a partir dos anos de 1930. Propôs a ideia de havia uma força nuclear (depois conhecida como força forte) entre os nucleons (prótons e nêutrons que compõem o núcleo atômico), decorrente da troca de partículas entre si e que seu raio de ação seria da ordem de 10^{-15} m (1 fm). Mas, somente em 1947, a partícula proposta por Yukawa foi detectada. Essa detecção envolveu um grupo de físicos, entre os quais estava o brasileiro César Lattes (1924-2005). Nessa ocasião, a partícula foi denominada de *méson pi* ou *píon* (p). Além do mais, a proposta, na década de 30, da força forte entre os nucleons (prótons e nêutrons) por Yukawa foi confirmado na década de 40, pela detecção do píon (p), a partícula mediadora dessa nova força, por um grupo de pesquisadores no qual o brasileiro César Lattes fazia parte, pois em dúvida o caráter elementar do próton e do nêutron. Os cientistas suspeitaram que a natureza pudesse ser descrita por uma forma mais simples e não através de

uma enorme quantidade de partículas, e foi a partir de pesquisas envolvendo a busca das partículas e a maneira como elas interagem, que no final da década de 80, desenvolveu-se uma descrição global dessa área da Física, através do denominado *Modelo Padrão* descrevendo a constituição da matéria por um conjunto elementar de partículas.

Esse modelo descreve a matéria, através dos quarks e léptons e os bósons, que são os agentes das interações forte, fraca e eletromagnética. Essas interações fundamentais ocorrem como se as partículas interagentes “trocassem” outras partículas entre si. Essas partículas mediadoras seriam os *fótons* na interação eletromagnética. Esse bóson, ao contrário dos demais, não possui nenhum tipo de carga ou massa, sendo sensível somente à carga elétrica. Dessa forma, ele está relacionado a todo tipo de partícula que tenha carga elétrica.

Atrelado a essa nova visão da Física, a ideia de força sendo transportada por partículas de interação como os fótons foi amplamente estendida na física. Quando dois corpos exercem forças mútuas (classicamente chamadas força de ação e força de reação), eles, na verdade, trocam partículas. Essas partículas são chamadas de mediadoras e a força propriamente dita passa a ser chamada de interação. Essas questões esquentaram as investigações sobre o átomo e seu intrigante núcleo. Para responder essas questões, foi necessário introduzir duas novas forças às já existentes: forças gravitacional e eletromagnética. Na natureza haveria quatro tipos de interações fundamentais: *gravitacional*; *eletromagnética*; *forte* - que liga prótons

dentro do núcleo, sendo explicada pela troca de partículas chamadas mésons; e a *força nuclear fraca*, revelada como da mesma natureza da força eletromagnética.

No caso da interação eletromagnética em que cargas elétricas atraem-se ou repelem-se, de acordo com seu sinal e sendo de longo alcance, é causada por partículas mediadoras chamadas de fótons. Esses fótons têm energia, mas não tem massa e cruzam o espaço á velocidade da luz.

Além disso, pode-se afirmar que é através da troca de fótons que uma carga elétrica sente a presença da outra, sendo, portanto o fóton o grande mediador da interação eletromagnética, ou seja, o fóton é como um mensageiro que leva a carta informando a presença de uma partícula carregada para a outra. Nesse novo modelo, um elétron está cercado por uma nuvem de fótons, que ele emite e reabsorve; um segundo elétron estando imerso nessa nuvem, pode absorver uma das partículas que o primeiro emite. Quando isso acontece, cada um dos elétrons é informado da existência do outro. Essa troca de fótons entre eles é a interação.

A FM desperta interesses variados nas diversas pessoas, e isso não acontece por acaso. Bastaram algumas décadas para que influenciasse a vida de todos nós, pois a FM deu sustentação teórica à estonteante revolução tecnológica ocorrida, principalmente a partir dos anos cinquenta, exigindo dos físicos profundas alterações em sua maneira de descrever os fenômenos naturais, em sua forma de compreender e de explicar a natureza. O desenvolvimento das teorias Físicas do início do século XX trouxe consigo uma nova forma de ver o mundo.

3.2 Construindo uma Abordagem Contextualizada da Física

Ao longo das lições, tentamos cumprir com um importante papel que é a conexão entre as diferentes partes da Física e, uma vez que trabalhamos o ensino de maneira contextualizada, já reivindicamos uma postura interdisciplinar. Além de trazeremos algumas aplicações tecnológicas através de experiências simples e acessíveis, fazemos um resgate dos temas abordados nas lições sob uma perspectiva histórica e uma linguagem simples juntamente com uma visão moderna de alguns conceitos e leis sem o “formulismo” que muitas vezes são tratados os temas da Física no Ensino Médio.

Na lição 1, incluímos um breve histórico do desenvolvimento do conceito de átomo, que antes era tido como constituído de partículas até então elementares (prótons, elétrons e nêutrons), sendo concebido agora de outra maneira, constituídos por quarks e léptons. Mostramos ao longo da lição uma visão contemporânea do átomo tentando romper com o modelo planetário tão frequentemente mostrado nas aulas de Física, apresentando o Modelo Padrão aceito hoje.

Na lição 2, tecemos de início alguns comentários sobre a natureza da luz, apresentando uma sequência de situações cotidianas associadas com questões que tem como objetivo desafiar o aluno, inseri-lo dentro da temática, dando início ao processo dialógico. Ainda nessa lição, iniciamos o desenvolvimento do contexto de surgimento das inconsistências teóricas, fazendo um análise no desenvolvimento histórico dos modelos que permeavam a natureza da luz. Ao longo dessa lição,

propomos a montagem de um rádio roncador, com o objetivo de produzirmos ondas eletromagnéticas. Para isso, discutimos tópicos básicos, alguns deles conhecidos pelos alunos, como a existência de um campo magnético ao redor de um fio percorrido por uma corrente elétrica variável, assim como a indução de um campo elétrico devido ao campo magnético variante originado ao redor do fio.

Na lição 3, tratamos da interação da radiação com a matéria, como prótons e elétrons e o mediador dessa interação, no caso o fóton. A proposta dessa lição tem uma sua sequência baseada na extrapolação do caráter clássico para introduzirmos o caráter quântico, ou seja, usando os limites do campo eletromagnético clássico (mundo macroscópico) passaríamos para o quântico (mundo microscópico).

3.3 Lições de Física

Esta parte trata da construção das “Lições de Física” em que buscamos condições inerentes ao processo de ensino-aprendizagem de forma mais geral, na perspectiva freireana que coloca o diálogo como elemento central e os obstáculos relacionados ao próprio conhecimento científico explicitados por Bachelard na seção 1 do Capítulo 2 deste trabalho. Consideramos que a associação dessas linhas de pensamentos faz com que o diálogo, no processo de aprendizado, assuma um papel central na promoção de rupturas entre o conhecimento pré-estabelecido e o novo conhecimento. As lições, que estão estruturadas em momentos pedagógicos, se

materializam dessa forma como materiais didáticos instrucionais (MDI), uma vez que possuem objetivos específicos e intenções pedagógicas.

A todo momento, o diálogo do ponto de vista educacional deverá ser maximizado em decorrência da concepção de Paulo Freire, levando o primeiro momento, no caso a contextualização, aos demais momentos e vice-versa. Nesse sentido, procuramos estruturar as Lições retirando o foco do professor e transferindo-o ao processo de aprendizagem, onde educando e educador passam a interagir, mediados pelos objetos de conhecimento. Assumimos dessa forma a “Física das coisas” e não as “coisas da Física” como a Dinâmica e a Termodinâmica que interessa mais ao profissional da área, fazendo pouco (ou nenhum) sentido para o aluno quando se trata tais temas unicamente do ponto de vista pragmático, de algo que deve ser aprendido apenas por se tratar de um conteúdo cobrado em exames vestibulares, ou que se não aprendidos podem levar a uma reprovação. Ainda dentro das lições, propomos atividades que valorizam as expressões orais, escritas e manuais. Cada lição possui três momentos pedagógicos, que buscam a integração entre o saber científico e o cotidiano das pessoas, são elas:

i) Contextualizando - essa etapa merece total atenção; nela são levantadas uma série de questões iniciais dentro do contexto do estudante relacionada ao tema de FMC, como forma de que a busca dessas respostas seja uma necessidade por parte deles e um exercício de reflexão individual, ao passo que vai se tornando coletiva, pois nesse momento alimenta-se o diálogo junto ao processo de busca do conhecimento entre os que estão presentes na discussão, sempre intercalando

perguntas e atividades a realizar. Dessa forma, julgamos que os alunos sentir-se-ão desafiados, permitindo construir significado e dar sentido ao objeto de conhecimento.

Nesse momento procura-se inserir o aluno o mais próximo possível de um contexto relevante dentro de sua realidade, incentivando e despertando a curiosidades dos mesmos durante as aulas, como forma de proporcionar uma maior participação e interação entre eles e o conhecimento, tentando levar ao ponto de perceberem a necessidade de buscar mais informações.

ii) Construindo o conhecimento - momento de organização e construção do conhecimento junto aos estudantes. Encaramos como um desafio de transposição didática e comprometimento com o conhecimento na sua integridade. Nesse instante, não esperamos expor as “coisas da Física”, mas a “Física das coisas” num diálogo permanente, proporcionando uma melhor compreensão do mundo que estamos inseridos. Esse é o momento em que o aluno é apresentado ao contexto histórico como forma de resgatarmos a história da ciência e não a história do tema, sendo apresentados aos fatos, aos experimentos, situações e estudiosos envolvidos, para analisar e interpretar as situações propostas, tendo como consequência a construção/reconstrução do conhecimento a partir das atividades propostas nesse momento.

iii) Síntese e aplicação do conhecimento - a partir do conhecimento construído, o estudante volta com um olhar mais potente para enxergar o mundo. Esse é o momento em que se fazem muitos vínculos, muitos “porquês” encontram

respostas, os alunos interagem e expõem suas ideias, desenvolvendo a linguagem adequada para entender melhor aquilo que ouvem. Esse momento é fundamental para que o aluno analise criticamente a aplicação dos conhecimentos aprendidos na sociedade, oferecendo novas oportunidades de aprender para que se possa estimular a realização de novas atividades.

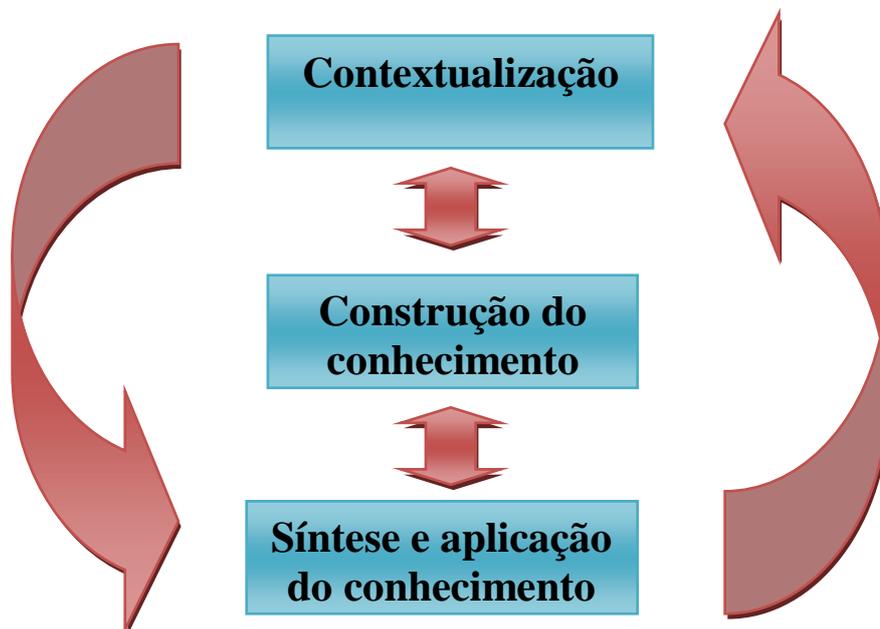


Figura 3 – Momentos pedagógicos.

.A produção das lições envolve um processo contínuo e dinâmico de ação como mostra a figura acima, em que cada momento está relacionado ao outro por meio de uma seta bi-direcional, mostrando a interdependência dos três momentos e a reflexão que é um dos fatores essenciais da proposta das lições é a incorporação do diálogo em cada um desses momentos.

4. Considerações finais

Dos problemas apresentados, a escassez de materiais didáticos que abordem temas relativos à FMC e à perspectiva histórica, geralmente consideradas como elementos acessórios, nos despertou para a necessidade de trabalhar tais temas, objetivando preencher essa lacuna, fato que já despertou muitos professores, seja por reflexo da reforma curricular, ou por interesse próprio. Muitas pesquisas já apontaram à necessidade de se introduzir a FMC no Ensino Médio (TERRAZZAN, 1994; PINTO & ZANETIC, 1999, entre outras).

Diante dessa demanda, as Lições de Física configuram um exemplo de como abordar de maneira contextualizada a FMCEM, com uso do estudo de caso histórico, que desponta como uma estratégia interessante, uma vez que exige o resgate do contexto em torno da ideia que se quer desenvolver, destacando os principais personagens envolvidos, as experiências marcantes e as principais controvérsias. Isso torna esse tipo de estratégia rica pedagogicamente, pois abre caminhos para participação mais efetiva do aluno no processo de aprendizagem.

Buscou-se ao longo dos textos apresentados nas lições, problematizar o que se pretende ensinar, objetivando ensinar a “Física das coisas” e não “as coisas da Física”. Optamos por mostrar os aspectos fundamentais dos saberes clássicos e os modelos da FMC, bem como o processo de criação científica, como forma de fazer com que compreenda que a natureza faz parte tanto do mundo cotidiano como do

mundo científico, buscando a integração entre o saber científico e o cotidiano das pessoas, proporcionando uma releitura do mundo a partir da Física

Nos apêndices D, E e F, apresentamos as referidas lições que se iniciam com especulações sobre a constituição da matéria. Associadas às lições, apresentamos nos apêndices A, B e C o planejamento juntamente com as orientações ao professor, para que ele possa usar o material em sala de aula, destacando estratégias que o auxiliem no uso desse material. No corpo da dissertação, há subsídios que podem orientar o professor em sua prática, onde ele poderá confeccionar as suas próprias lições a partir da estrutura proposta de elaboração das lições. O planejamento e as lições estarão disponíveis na rede colaborativa de ensino de Física da Universidade de Brasília como forma de divulgação do material para uso e análise do professor, onde serão discutidas as ações dentro da sala de aula, abrindo espaço para a discussão da aprendizagem e possíveis melhoramentos.

Destaco que nesse trabalho não pretendíamos medir a eficácia desses casos históricos em sala de aula, pois partimos da hipótese que a perspectiva histórica tem uma contribuição positiva no ensino, seja como elemento auxiliar ou como elemento constitutivo do próprio conhecimento científico.

Referências bibliográficas

ANDRADE, NASCIMENTO e GERMANO. **Influencias da Física Moderna na Obra de Salvador Dalí**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 3: p. 400-423, dez. 2007.

ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 10^a ed. Campinas: Papirus, 2006.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico, contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de janeiro: Contraponto. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PNC+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos parâmetros Curriculares nacionais**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, vol.2. Brasília, 2006.

CANOTO JÚNIOR, OSVALDO. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. São Paulo 2003. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Instituto de Física – Depto. Física Experimental.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. **O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos Anos Noventa**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre: IF-UFRGS, v. 1, n. 1, abr. 1996.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Física Moderna experimental**, Editora Manole, São Paulo, 2007.

CORRÊA, JOÃO A. ; et al. – **A Inserção da Física Moderna no Ensino Médio**. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Curitiba, 2002.

ERTHAL, João P.C, LINHARES, Marília P. **A Física Das Radiações. Eletromagnéticas E O Cotidiano Dos Alunos Do Ensino Médio: Construção De Uma Proposta De Ensino**. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.5, 2005.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da física**. Rio de Janeiro: JZE. 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

GASPAR, Alberto. **Física**: São Paulo: Editora Ática, 2001. 3v

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. e HERSCOVITZ, V. E. (2001). **Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 1(23), p. 444-457.

REF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 2: Física térmica e óptica; Física 3: Eletromagnetismo**. São Paulo: EDUSP, 1993.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9a ed, Editora Bookman, Porto Alegre, 2002.

LABURÚ, C. E., SIMÕES, A. M., URBANO, A. A. **Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (o ensino de Física contemporânea tendo como pano de fundo a física do cotidiano)**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 192-202, ago. 1998.

MOREIRA, M.A. **O Modelo Padrão da Física de Partículas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1306-1 – 1306-11, mar. 2009.

MATTHEWS, Michael R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de Reaproximação**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v12. n.3:pág 164-214.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. 5. ed. **Curso de Física**. São Paulo: Editora: Scipione, 2000. 3 v

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**. Ed. Edgard Blücher Ltda.1998.

OLIVEIRA, R.J. “A crítica ao verbalismo a ao experimentalismo no ensino de química e física.” Em: *Química Nova*. São Paulo, v 15 n.1, 1992.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Harbra, 1998.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. C. **Uma Revisão Bibliográfica Sobre a área de pesquisa em “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Porto alegre: revista *Investigações em Ensino de Ciências do Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, v.5, n. 1, mar. 2000.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas**

elementares e interações fundamentais. Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É Possível Levar a Física Quântica para o Ensino Médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7 -34, 1999.

PORTELA, S. I. C. **Uso de casos históricos no ensino de física: exemplo em torno da temática do horror da natureza do vácuo.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília: UnB, 2006.

SCHULZ, Peter A.. **Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2007, vol.29, n.4, pp. 509-512. ISSN 1806-1117.

SIQUEIRA, M.R.P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de partículas elementares para o Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SILVA, E. L. **Contextualização no Ensino de Química: idéias e proposições de um grupo de professores.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TERRAZAN, A. **A inserção da Física Moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2o grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992, pag. 211.

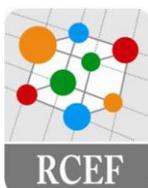
TERRAZAN, A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TORRES C. M. A. **Física Ciência e Tecnologia.** São Paulo. Moderna. 2005.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago.1998.

WESTPHAL, M., PINHEIRO, T. C. e TEIXEIRA, C. S. **PCN-EM: contextualização ou recontextualização.** In. XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro – R.J.. Atas do XVI SNEF – Simpósio Brasileiro de Ensino de Física, 2005.

Apêndice A – lição 1 (planejamento/orientações ao professor)



Rede Colaborativa
de Ensino de Física
Instituto de Física
Universidade de Brasília



IDENTIFICAÇÃO			
Autores	Título	Instituição	UF
Marcelo David Silva de Mesquita	Do que o mundo é feito?	IFD/UnB	DF
NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA			
<input type="checkbox"/> Educação Infantil	<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio	
Modalidade de Ensino			
<input checked="" type="checkbox"/> Presencial <input type="checkbox"/> Distância <input type="checkbox"/> Misto			
Série e/ou Contexto Indicados			
<input type="checkbox"/> 1ª Série <input type="checkbox"/> 2ª Série <input type="checkbox"/> 3ª Série <input checked="" type="checkbox"/> EJA <input type="checkbox"/> Ampliação da jornada escolar <input type="checkbox"/> Avaliação Institucional <input checked="" type="checkbox"/> Formação continuada de professor <input type="checkbox"/> Gestão Educacional			
Tecnologia Educacional			

1. OBJETIVOS

Proporcionar ao aluno uma compreensão da constituição e organização da matéria e suas especificidades, relacionando-as aos modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas.

2. Orientações ao Professor

Nessa lição, o aluno deve ser levado a uma reflexão sobre o que constitui tudo e todos, levantando hipóteses sobre a constituição da matéria. Como sugestão de leitura para o professor, há um artigo de Marco Antônio Moreira, pesquisador na área de Ensino de Ciências, que fala sobre o Modelo Padrão. Nesse artigo, disponível na internet no site da *Revista Brasileira de Ensino de Física*, haverá um quadro de resumo das partículas fundamentais que constituem a natureza em toda sua complexidade e beleza.

O estudo dessa lição pode ser realizado num círculo (roda de leitura), onde cada aluno fica responsável pela leitura de um trecho do texto. No decorrer do texto são propostas algumas questões, o professor deve debater com os alunos as possíveis respostas às situações apresentadas, antes, porém, é importante que os alunos elaborem suas próprias respostas em grupo ou individualmente.

3. LEITURA COMPLEMENTAR

RICHARD P. FEYNMAN. **Física em 12 lições, fáceis e não tão fáceis**. Editora Ediouro.

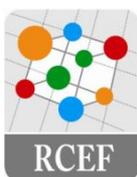
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEYNMAN Richard P. **Lições de Física de Feynmann**: edição definitiva/Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Adriana Válio Roque da Silva ... [et al.]. – Porto Alegre: Bookman, 2008. 1 v.

MOREIRA, Marco Antonio. **O Modelo Padrão da Física de Partículas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 1, Apr. 2009.

<http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/index.html>

Apêndice B – lição 2 (planejamento/orientações ao professor)



Rede Colaborativa
de Ensino de Física
Instituto de Física
Universidade de Brasília



IDENTIFICAÇÃO			
Autores	Título	Instituição	UF
Marcelo David Silva de Mesquita	Lição 2 Radiação - Uma informação a cerca do mundo	IFD/UnB	DF
NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA			
<input type="checkbox"/> Educação Infantil	<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio	
Modalidade de Ensino			
<input checked="" type="checkbox"/> Presencial <input type="checkbox"/> Distância <input type="checkbox"/> Misto			
Série e/ou Contexto Indicados			
<input type="checkbox"/> 1ª Série <input type="checkbox"/> 2ª Série <input type="checkbox"/> 3ª Série <input checked="" type="checkbox"/> EJA <input type="checkbox"/> Ampliação da jornada escolar <input type="checkbox"/> Avaliação Institucional <input type="checkbox"/> Formação continuada de professor <input type="checkbox"/> Gestão Educacional			
1. OBJETIVOS			

Proporcionar um melhor entendimento ao estudante sobre os diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (rádio, forno de microondas, etc.).

2. Orientações ao professor

É apresentada uma seqüência de situações cotidianas associadas com questões que tem como objetivo de desafiar o aluno, inseri-lo dentro da temática da radiação, assim dá início ao processo dialógico. O professor terá como obstáculos epistemológicos o fato de não podermos enxergar as radiações, cheirá-las, ou mesmo senti-las, o que não quer dizer que não existam. E como forma de produzir rupturas, serão propostas atividades ao decorrer da lição com experimentos simples, embasados teoricamente, que demonstrem a existência e a captação das ondas eletromagnéticas. Um desses experimentos consiste em produzi-las e medir seu comprimento de onda, bem como determinar a velocidade de propagação dessas ondas.

3. ATIVIDADE

Construção de um rádio roncador e determinação do comprimento de onda utilizando um forno de microondas.

4. LEITURA COMPLEMENTAR

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA S. M. e FILHO, D. O. T. **Laboratório Caseiro de Física Moderna**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 390-394, nov.2004.

CAVALCANTE M. A. e TAVOLARO C. R. C. **Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 372-389, nov.2004.

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. **Proposta de ensino de tópicos sobre radiações eletromagnéticas para o ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 2: p.247-265, ago. 2008.

Apêndice C – lição 3 (planejamento/orientações ao professor)



Rede Colaborativa
de Ensino de Física
Instituto de Física
Universidade de Brasília



IDENTIFICAÇÃO			
Autores	Título	Instituição	UF
Marcelo David Silva de Mesquita	Lição 2 Radiação - Uma informação a cerca do mundo	IFD/UnB	DF
NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA			
<input type="checkbox"/> Educação Infantil	<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio	
Modalidade de Ensino			
<input checked="" type="checkbox"/> Presencial <input type="checkbox"/> Distância <input type="checkbox"/> Misto			
Série e/ou Contexto Indicados			
<input type="checkbox"/> 1ª Série <input type="checkbox"/> 2ª Série <input type="checkbox"/> 3ª Série <input checked="" type="checkbox"/> EJA <input type="checkbox"/> Ampliação da jornada escolar <input type="checkbox"/> Avaliação Institucional <input checked="" type="checkbox"/> Formação continuada de professor <input type="checkbox"/> Gestão Educacional			
1. OBJETIVOS			

- Tornar compreensivo alguns processos de interação das radiações com meios materiais para explicar fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas.
- Fazer com que o aluno identifique a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, por exemplo, o transistor.

2. Orientações ao professor

Nesta lição iniciamos o desenvolvimento do contexto da impossibilidade de explicação do efeito fotoelétrico a partir do modelo ondulatório da luz. Tratando a luz como composta por diminutas partículas chamadas fótons. Trata, portanto, da interação da radiação com a matéria.

Da mesma forma que a **lição 1**, o estudo dessa lição pode ser realizado num círculo (roda de leitura), onde cada aluno fica responsável pela leitura de um trecho do texto. No decorrer do texto são propostas algumas questões, o professor deve debater com os alunos as possíveis respostas às situações apresentadas, antes, porém, é importante que os alunos elaborem suas próprias respostas em grupo ou individualmente.

3. ATIVIDADE

Proposta de construção de um sistema automático de iluminação usando alguns dispositivos elétricos.

4. LEITURA COMPLEMENTAR

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.la.if.sc.usp.br/ensino/down/eletricidade-25-48.pdf>

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

Apêndice D – lição 1 – Do que o mundo é feito?

Do que o mundo é feito?

Essa é uma pergunta que tem sido feita pela humanidade há mais de 2.000 anos. Por volta do ano 400 a.C., o filósofo grego Demócrito, num passeio à beira mar, sentiu-se curioso e começou a se questionar sobre os grãos de areia que ele via na praia.

Quantos grãos de areia é possível que existam em todas as praias da Terra?

Qual será o tamanho do menor grão de areia existente no mundo?

Agora pare e pense um pouco...Você já havia se colocado essas questões?



Na realidade, a grande preocupação de Demócrito era com a *composição do Universo*. Afinal de contas, como era composta aquela grande variedade de formas, texturas, corpos, seres, etc., que ele tinha a sua frente?

Imaginemos a seguinte situação:

Pegue um biscoito de polvilho, daqueles redondinhos, e parta-o ao meio. Depois, parta ao meio uma das metades. Em seguida, parta a nova metade ao meio e continue assim enquanto for possível!

Onde você vai chegar?

Provavelmente num bocado de farelo bem fininho, cujos grãos você não conseguirá dividir.

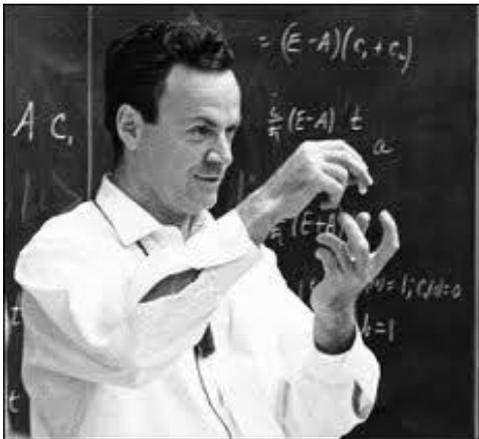
Foi exatamente dessa maneira que Demócrito pensou: "Se eu dividir cada vez mais um grão de areia vou chegar a um ponto em que ele não se divide mais. Uma parte indivisível, atômica (a = não; tomos = divisão), o **átomo**.

Do menor dos grãos de areia, à maior estrela, tudo é na verdade um conglomerado de alguns tijolos fundamentais de construção da natureza, os átomos.

Mas serão os átomos as menores partículas encontradas na natureza? Serão realmente eles, os átomos, tijolos fundamentais de construção, não sendo constituídos por nada menor?

A matéria, como estamos discutindo, é composta por *átomos*, só não sabíamos que estes por sua vez eram compostos por partículas ainda menores, os elétrons envolta de um "caroço" central, o núcleo atômico. Por parecer pequeno, sólido e denso, os cientistas pensaram originalmente que o núcleo era indivisível. Mais tarde, descobriram que ele era feito de prótons (p), que são carregados positivamente, e nêutrons (n), que possui carga total zero.

Essa **hipótese atômica**, de grande importância, foi salientada em 1963 por *Richard Feynman*. Abaixo se encontra um trecho de um dos seus livros "The Feynman lectures on Physics":



“Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença fosse passada adiante para as próximas gerações de criaturas, que enunciado conteria mais informações em menos palavras? Acredito que seja a hipótese atômica (ou o fato atômico, ou como quiser chamá-lo) de que todas as coisas compõe-se de átomos – pequenas partículas que se deslocam em movimento perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contra as outras. Nessa única sentença, você verá, existe uma enorme quantidade de informação sobre o mundo, bastando que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio.”

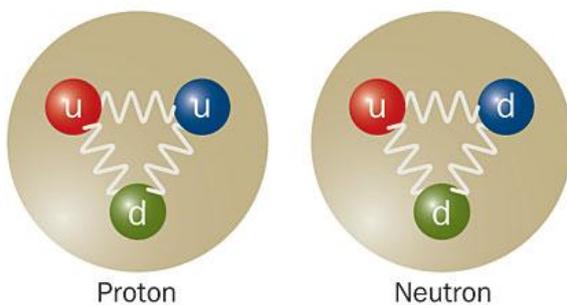
Então serão os prótons, nêutrons e elétrons, os menores constituintes da matéria?

Como vimos, prótons e nêutrons estão localizados em uma pequena região chamada núcleo atômico, e por algum tempo, pensou-se que essas partículas, prótons e nêutrons, fossem fundamentais, ou seja, não possuíam estrutura interna, que não pudessem ser “quebrados”. Mas, no início da década de 70, ficou evidenciado que essas duas partículas, prótons e nêutrons por sua vez, também têm estrutura interna. São constituídas por partículas menores, chamadas quarks.

De acordo com o modelo aceito hoje, o chamado **Modelo Padrão**, tudo o que há no universo, em toda a sua beleza e complexidade é resultado da combinação de algumas poucas partículas que formam a matéria, onde não somente fazem parte os quarks, mas também os léptons.

De acordo com o Modelo Padrão, **quarks e léptons** são partículas verdadeiramente elementares, no sentido de não possuírem estrutura interna. Há seis léptons (*elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau*) e seis quarks (quark *up (u)*, quark *down (d)*, quark *charme (c)*, quark *estranho (s)*, quark *bottom (b)* e quark *top (t)*).

Assim, prótons e nêutrons possuem estrutura interna e são chamados de *hádrons*, uma categoria de partículas que possuem estrutura interna constituídos de quarks.



Dentre os léptons, o elétron é o mais conhecido. Prótons e nêutrons, que se enquadram na categoria de hádrons são os mais familiares. A estrutura interna do próton é *uud*, ou seja, dois quarks *u* e um *d*; a do nêutron é *udd*, isto é, dois quarks *d* e um *u*.

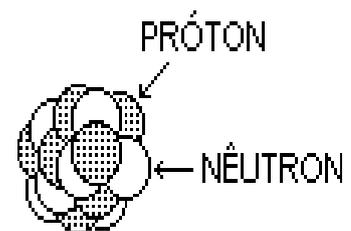
No *novo modelo atômico*, os elétrons estão em constante movimento em torno do núcleo; os prótons e os nêutrons vibram dentro do núcleo e os quarks vibram dentro dos prótons e nêutrons.

Uma característica peculiar dos quarks é que eles têm carga elétrica fracionária, ($+2/3 e$) para alguns tipos e ($1/3 e$) para outros. No entanto, *quarks nunca foram detectados livres, estão sempre confinados* em hádrons, de tal modo que a soma algébrica das cargas dos quarks que constituem um determinado hádron é sempre um múltiplo inteiro de e . O próton, por exemplo, é formado por dois quarks de carga ($+2/3 e$) e um quark de carga ($1/3 e$) de modo que sua carga é ($2/3, +2/3, 1/3$) e , ou, simplesmente, e . Quer dizer, o quantum da carga elétrica continua sendo e ($1,6 \cdot 10^{19}$ C), pois nunca foi detectada carga elétrica isolada que fosse uma fração da carga elementar. Até onde se sabe os quarks sempre aparecem unidos, formando os chamados hádrons.

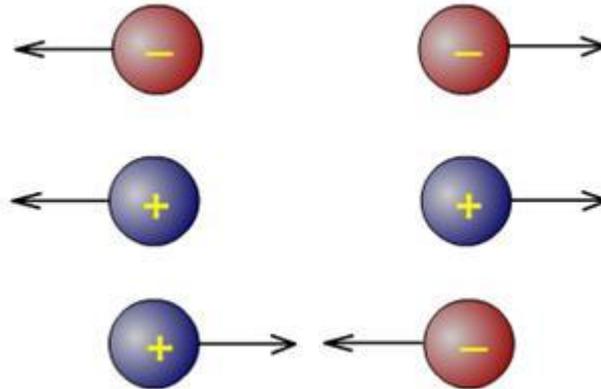
De acordo ainda com o Modelo Padrão, quando dois corpos exercem forças mútuas (classicamente chamadas força de ação e força de reação), eles na verdade trocam partículas, que passam a ser mediadoras dos vários processos físicos que ocorrem no interior da matéria. A essas partículas, também fundamentais, damos o nome de **mediadoras** e assumem um importante papel no estudo das interações fundamentais, que vão desde forças atrativas e repulsivas, até decaimentos e aniquilações. A única diferença agora é que a força passa a ser interpretada como um efeito sobre uma partícula devido à presença de outra (s) partícula(s), passando a ser chamada de interação. Essa idéia geral de partículas sendo as transportadoras de força foi amplamente estendida na Física.

Os átomos geralmente têm o mesmo número de prótons e de elétrons. Eles são eletricamente neutros, isso porque os prótons existem em número igual ao dos elétrons.

Uma coisa que talvez você não tenha se perguntado até agora é como o núcleo composto de partículas de carga positiva, como os prótons, não se espalham, uma vez que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem.



O que manteria os prótons unidos contra a força de repulsão eletrostática? E como uma partícula iria interagir com a outra?



Foi essa questão que levou a um debate sobre a existência de uma força mais forte do que a elétrica. Essa força é a *nuclear forte*, sendo ela responsável pela estabilidade de núcleos atômicos, mantendo os prótons coesos dentro do núcleo do átomo. Essa força tem um raio de ação muito pequeno, cerca de 10^{-15} m. Sua partícula mediadora é *Glúon* que literalmente colam os quarks, formando os prótons e os nêutrons. Imagine o núcleo como uma mola fortemente comprimida, que é a repulsão elétrica, mantida no lugar por uma grande corda, que é a força nuclear forte. Embora exista uma grande quantidade de energia armazenada na mola, ela não pode liberar essa energia porque a corda é muito forte.

Existem outros fenômenos que ocorrem no interior do núcleo atômico que, embora também estejam relacionados com sua estabilidade, não poderiam ser explicados sem que leve a um debate sobre a existência de outra força, com características diferentes da força nuclear forte, essa força ainda teria um raio de ação menor que a da força nuclear forte.

Mas que outros fenômenos acontecem no interior do núcleo que exigem a presença de um novo tipo de interação?

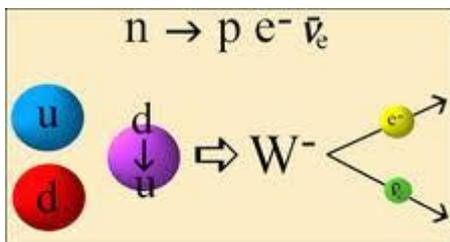
Se a força nuclear forte é a responsável pela estabilidade do núcleo atômico, então qual a finalidade de se pensar em uma nova força?

Certamente você já ouviu falar em radioatividade, não é?

A radioatividade é parte integrante da nossa vida. Alguns elementos químicos possuem a característica especial de emitir, espontaneamente, partículas de altas energias. A este fenômeno damos o nome de radioatividade e ao fazer isto, este átomo pode se transformar em outro elemento químico. O processo é chamado de **decaimento**.

A força responsável pela “degradação” radioativa desses núcleos atômicos recebe o nome de nuclear fraca e foi revelada como da mesma natureza da força eletromagnética, responsável pelas atrações e repulsões entre partículas dotadas de carga.

Na força nuclear fraca a partícula mediadora é o *Bóson* e seu raio de ação é cerca de 10^{-18} m. Enquanto que na força eletromagnética sua partícula mediadora é o *fóton* e seu raio de ação é infinito (veremos mais sobre essa interação eletromagnética e sua partícula mediadora na lição 3).



O decaimento de um nêutron (udd) em um próton (uud), um elétron e um antineutrino, que tem carga nula e massa desprezível. Esse processo é chamado decaimento beta do nêutron. Na figura o bóson é representado pelo símbolo W^- e por $\bar{\nu}_e$ o antineutrino.

No universo e tudo que nele existe é regido por quatro tipos de interações fundamentais, nas quais já fazem parte a nuclear forte, nuclear fraca e a interação eletromagnética. A quarta interação, a **GRAVITACIONAL**, é a menos expressiva dentre as quatro. Da mesma forma que a interação eletromagnética, a interação gravitacional tem raio de ação infinito. E é por meio dela que é possível explicar desde a queda dos corpos à formação das estrelas e outros corpos celestes. A partícula mediadora, apesar de ainda não detectada, já tem nome: é o gráviton.



Na natureza, os Físicos acreditam que todas as forças resultam da interação de partículas, buscando dessa forma desenvolver uma imagem unificada de todas as forças.

MATÉRIA			
PARTÍCULAS DE MATÉRIA			
LÉPTONS (Férmions)		QUARKS (Férmions)	
Elétron		Quark up (u)	
Neutrino do elétron		Quark down (d)	
Múon		Quark charm (c)	
Neutrino do múon		Quark estranho (s)	
		Quark bottom (b)	
		Quark top (t)	
HÁDRONS			
		BÁRIONS	MÉSONS
		três quarks	pares quark-antiquark
FORÇAS (INTERAÇÕES) FUNDAMENTAIS			
Electromagnética	Fraca	Forte	Gravitacional
Electrofraca			
PARTÍCULAS DE FORÇA (Bósons)			
Fótons	W & Z	Glúons	Grávitons (não detectados)

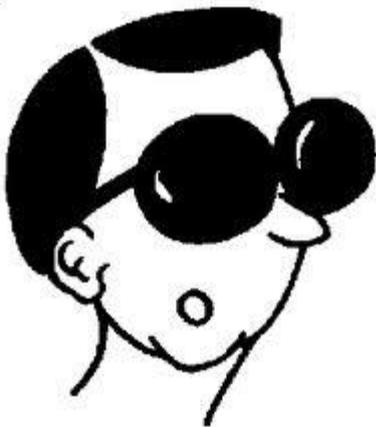
O quadro acima mostra um esquema simplificado para o Modelo Padrão em que procura esquematizar a constituição da matéria segundo esse modelo. Aí estão as doze partículas fundamentais, as quatro forças e as quatro partículas de força.

Apêndice E – lição 2 – Radiação – Uma informação a cerca do mundo

Radiação: Uma informação a cerca do mundo

Você seria capaz de explicar o que é a Luz para uma pessoa que não enxerga? Como você faria ?

Alguma vez notou que um ferro quente em um quarto escuro aparentemente emite algum tipo de luz, embora não possamos considerá-lo um objeto luminoso?

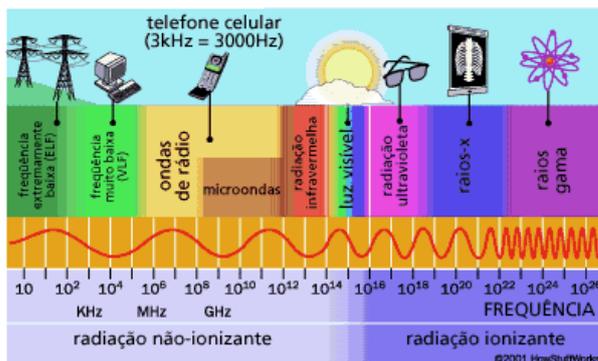


A *luz* é essencial para termos a percepção do mundo que nos rodeia através da visão, que parece ser um dos sentidos mais importantes para o ser humano. E só podemos enxergar os objetos devido ao fato do olho humano possuir células sensíveis à luz e o cérebro decodificar as informações recebidas por estas células. Por essa razão uma pessoa mesmo dormindo é capaz de sentir a luz quando alguém abre a janela pela manhã.

No caso de um ferro de passar, mantendo as mãos a alguns centímetros dele, podemos imaginar que o calor sentido por nós seja a mesma coisa que luz. Está é, pois, uma suposição correta: a radiação térmica (assim como é chamada as ondas de calor) é sem dúvida uma forma de luz conhecida como radiação infravermelha.

Um terço da energia radiante emitida pelo sol chega até nós em forma de radiação infravermelha, conhecida também como ondas de calor, outra parcela pequena dessa radiação emitida pelo sol, nos chega sob a forma de luz visível, viajando pelo espaço.

A luz pode ser definida como uma faixa do *espectro de radiação* que se estende desde as microondas até os *raios X* e *raios gama*. A luz que enxergamos só é uma pequena parcela desse espectro de radiação, ou seja, a maior parte da luz não é visível ao olho humano.



No espectro essas radiações são distribuídas pela frequência ou pelo comprimento de onda, que é inversamente proporcional à frequência. A linha vermelha, com forma senoidal, indica o comprimento de onda de cada radiação, assim os raios gama são os que possuem menor comprimento de onda.

A partir do espectro acima, notamos que existe uma variação ampla das *ondas eletromagnéticas*. O que precisamos entender é que as ondas eletromagnéticas estão em nossa volta o tempo todo, em todos os lugares, embora não possamos vê-las, senti-las, ou cheirá-las como no caso das microondas. Essas ondas só diferem uma das outras apenas pelo seu *comprimento de onda*. A velocidade de propagação c de uma onda eletromagnética é dada por:

$$c = \lambda \cdot f ,$$

onde λ representa o comprimento de onda e f sua frequência.

Uma maneira de “enxergar” as ondas eletromagnéticas é da seguinte forma. Primeiro iremos precisar de um **forno de microondas**. Isso mesmo, um forno de microondas! Vai parecer até receita culinária.

Vamos usar um desses fornos para medir a velocidade da luz e poder comprovar a expressão acima. Mediremos o comprimento de onda da radiação do forno e uma vez que sabemos a frequência dessas ondas, que normalmente constam escritas atrás, ou embaixo do forno (se não estiver visível, procure o manual do forno de microondas). O valor mais frequente é 2,45 GHz ($2,45 \cdot 10^9$ Hz).

Primeiro use um forno sem rotação e sem espelho giratório. Como falei, vai parece receita culinária: pegue uma travessa de vidro pirex e ponha nela uma camada de uns dois centímetros de margarina, marchemelo ou cobertura de sorvete. Serve qualquer material comestível pastoso (**hummm!!!**). Coloque no forno de microondas em potência baixa por alguns instantes, algo em torno de 4 a 10 segundos. Observe que alguns pontos ficaram ligeiramente derretidos. A distância entre estes dois pontos consecutivos representa a distância de dois máximos consecutivos da microonda, ou seja, corresponde ao comprimento de onda λ da microonda. Use a régua para medir esta distância aproximada, em centímetros. Você pode obter um resultado melhor usando as distâncias entre vários desses pontos vizinhos e calculando a média desses valores. Deve dar um número próximo de 10 a 15 centímetros (converta-o para metro).

Pronto! Temos a frequência f e medimos o comprimento de onda λ Para saber a velocidade da onda eletromagnética basta multiplicar os dois: $c = \lambda \cdot f$.

Fazendo a medida com algum cuidado é possível obter um valor bem próximo de $300.000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ velocidade da microonda no ar.

Essa experiência simples nos permite determinar o valor aproximado da velocidade dessas ondas eletromagnéticas e que todas as ondas elas, inclusive as microondas, têm a mesma velocidade no vácuo. A luz, assim como as microondas são ondas eletromagnéticas, as quais possuem a mesma velocidade no vácuo, que é aproximadamente igual no ar. Só não vemos as microondas porque nossos olhos não são sensíveis a elas.

As ondas eletromagnéticas são usadas todos os dias de mil modos diferentes, como quando você ouvi rádio, ou vê televisão, quando se usa os olhos, ou até mesmo quando você é apanhado por radar por excesso de velocidade.



Figura - Sendo pego pelo radar!!!

Produzindo ondas de rádio

Parece esquisito, mas algo que a gente não vê consegue transportar informações pelo ar, é o caso das ondas de rádio. A previsão da existência dessas ondas foi feita por Maxwell e confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz, em 1887, produzindo-as por meio de circuitos oscilantes.

Para termos idéia da importância da descoberta dessas ondas, é só imaginar um mundo hoje sem a telefonia celular, ou sem uma boa programação de TV. Você consegue imaginar isso?

Nem precisamos dizer que a descoberta dessas ondas foi importante para a comunicação entre as pessoas.

É importante tomarmos consciência de como estamos imersos em um mar de ondas como as de rádio. E você agora está convidado a produzi-las e entender um pouco mais a natureza dessas importantes ondas, mas, para isso, iremos precisar de alguns materiais. Vejamos a lista:

- duas pilhas
- suporte para pilhas
- dois pedaços de fio de cobre
- um rádio configurado em AM
- lima de lixar metal
- Bússola.

Agora é só montar o circuito como mostrado na figura abaixo e colocar o rádio fora de estação na menor frequência possível.

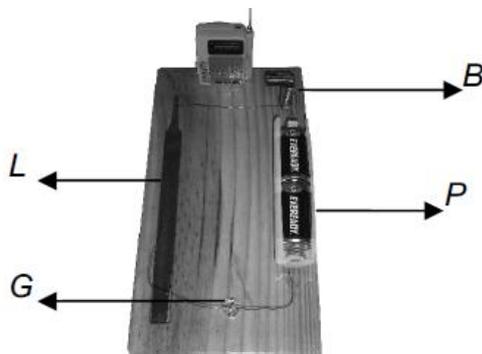
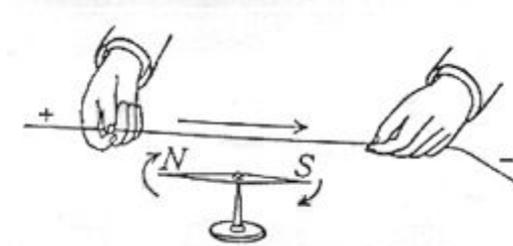


Figura – Rádio roncador

Na imagem acima, uma das extremidades da bobina (**B**), que consiste em um dos pedaços do fio enrolado de maneira circular, é ligada à lima (**L**) enquanto a outra extremidade é ligada ao pólo positivo do conjunto de pilhas (**P**). No pólo negativo está ligado um fio de cobre que passa por cima de uma bússola (**G**) tendo sua extremidade livre, para que possa ser raspado sobre a lima (**L**).

O procedimento de operação é bastante simples. Estando as pilhas colocadas de forma correta no suporte, basta raspar a extremidade do fio de cobre na lima. Enquanto o fio permanece ligado à pilha e em contato com a lima, dizemos que o circuito está fechado e por ele se estabelece uma *corrente elétrica*.

Sendo o condutor metálico, a corrente que se estabelece deve-se ao movimento de elétrons, constituintes da matéria. Ao rasparmos o fio ao longo da lima, a corrente elétrica sofre então várias interrupções, dizemos que a corrente elétrica neste caso é variável, gerando algumas faíscas durante o contato e, se mantivéssemos uma bússola nas proximidades do fio, notaríamos que haveria uma interação entre ela e o fio.



No ano de 1820, buscando uma relação entre eletricidade e magnetismo, Oersted já havia observado a interação entre a corrente e a bússola, devido ao movimento da agulha imantada na presença de um fio condutor por onde circulava corrente elétrica. Mostrava dessa forma que uma corrente elétrica produzia um campo magnético. E sendo a corrente elétrica variável, o campo magnético também será.

Um campo magnético variando no espaço gera um campo elétrico também variável, e este, por sua vez, induz outro campo magnético variável.

Essa indução de campos variáveis é a origem a uma onda eletromagnética.

Para que o rádio capte essas ondas é necessário que ele funcione na frequência AM, captando as oscilações eletromagnéticas produzidas durante o contato do fio de cobre na lima e emitindo ruídos de acordo com a intensidade do contato, simulando um telégrafo.

Maxwell calculou a velocidade com que essas ondas se propagavam pelo espaço encontrando um valor muito próximo a 30.000 km/s ($3 \cdot 10^8$ m/s), mesma velocidade da luz, sendo assim, “iluminado” pela idéia de que a luz, a própria luz, fosse uma onda eletromagnética.

Apêndice F – lição 3 – Matéria e Radiação – um diálogo permanente de compreensão do mundo

Matéria e Radiação – um diálogo permanente de compreensão do mundo.



Você já se perguntou como ocorre o funcionamento das portas de shoppings que se abrem sozinhas? Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Ou mesmo como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

Perguntas como essas são respondidas e explicadas através da interação da radiação com a matéria, como exemplo do efeito fotoelétrico. É aí que entra *Albert Einstein!*



Um pouco mais de História

No final do século XIX, em 1887, quando Hertz desenvolvia suas pesquisas para a geração e detecção de ondas eletromagnéticas, percebeu que o brilho das faíscas do transmissor. Hertz concluiu que ele era provocado pelas radiações ultravioleta emitida por essas faíscas e se acentuava quando a radiação incidia no terminal negativo de bronze polido do detector.

Philip Lenard, auxiliar de Hertz, identificou que a incidência de *radiação ultravioleta* arrancava elétrons de uma superfície metálica.

Diante desse fenômeno alguns impasses acabaram surgindo. Primeiro que Lenard notou que os elétrons eram arrancados com certa velocidade, e que a intensidade da luz não influenciava na velocidade com que esses elétrons eram ejetados, sendo influenciada somente pela frequência da radiação incidente. A intensidade só influenciava no número de elétrons emitidos.

Nessa experiência, há três aspectos que não podem ser explicados em termos da *teoria ondulatória da luz*.

Uma delas é o fato de que com o aumento da intensidade da luz, deveria haver um aumento na energia cinética com que os elétrons eram ejetados, pois do ponto de vista da teoria ondulatória, aumentando-se a intensidade da luz, há um aumento da energia que essa radiação transporta, onde forçaria os elétrons a serem ejetados mais “violentamente”. Outro aspecto é que esse efeito deveria ocorrer para qualquer frequência da luz, desde que fosse intensa o bastante para fornecer energia aos elétrons, ejetando-os da superfície.

Por último, se a superfície fosse iluminada por uma luz fraca, de acordo com essa teoria, o elétron deveria absorver a energia luminosa até ter acumulado o bastante para escapar, ou seja, deveria haver um intervalo de tempo entre a absorção da energia da luz e a injeção do elétron. No entanto, nenhum retardo foi detectado.

Então, como a luz poderia arrancar um elétron?

Einstein propõe o modelo corpuscular para luz como forma de resolver o problema!!!

Vejamos!

Radiação com frequência abaixo de certo valor mínimo não promove elétrons livres, não importando a intensidade da luz incidente. Essa intensidade corresponde à potência emitida pela fonte luminosa. A luz, além de apresentar um comportamento ondulatório, pode ser pensada como uma forma de energia transmitida por partículas denominadas *fótons*.

A energia E de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação $E = h \cdot f$ ou $E = h \cdot c / \lambda$, onde h é a constante de Planck. Quanto mais intenso for um feixe de luz, maior é o número de fótons nele presente.

Quando o feixe incide sobre a superfície, cada elétron preso tem certa probabilidade de interagir com um fóton. Se a energia $h \cdot f$ do fóton for maior que a energia de ligação do elétron, denominada função trabalho ϕ , este pode ser libertado absorvendo toda a energia do fóton incidente, sendo que o excedente se convertido em energia cinética do elétron. O valor de função trabalho depende do material da superfície. Assim, para cada material, o efeito fotoelétrico ocorrerá apenas a partir de um valor mínimo da frequência f .

Desse modo:

$$h \cdot f = \phi + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Essa equação é denominada equação fotoelétrica de Einstein.

Pois bem, esse efeito de arrancar elétrons, denominados de *efeito fotoelétrico*, que em geral é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou *semicondutora* é iluminada com luz numa certa faixa de frequências foi percebido por Lenard em suas experiências. O efeito fotoelétrico é um exemplo de interação da radiação com a matéria.

Mas antes mesmo de Einstein ter proposto que a luz era constituída de pequenos pacotes de energia denominados fótons, em 1900 o físico teórico alemão Max Planck apresentou um artigo fornecendo a hipótese que corpos aquecidos (em especial, do chamado "corpo negro", que absorve toda radiação incidente) emitiam energia radiante em "pacotes" discretos, que ele chamou de quanta. Planck explicou os picos nas curvas de radiação do corpo negro relacionando a temperatura de um corpo negro com a intensidade da energia irradiada em um dado comprimento de onda, Ele dividiu a luz em "pacotes" ou quanta e atribuiu a cada um uma energia (E) relacionada com sua frequência (f). Esse raciocínio levou à equação $E=h \cdot f$, onde h era uma nova constante da natureza, hoje conhecida como constante de Planck. Era o nascimento oficial da Física Quântica.

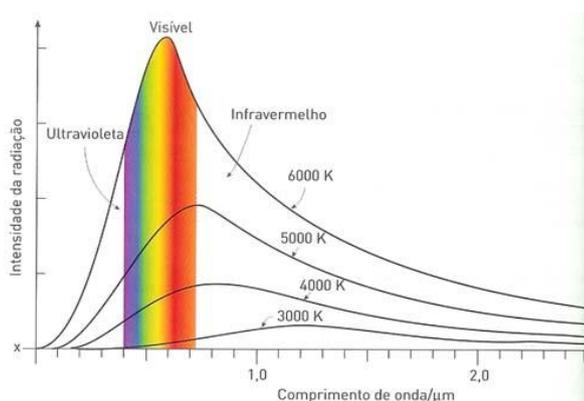


Figura – Curva de radiação do corpo negro

Voltando um pouco na História.

Na busca pela definição sobre a natureza da luz surgiram, no século XVII, duas correntes de pensamento científico: a teoria corpuscular da luz, que era defendida por Newton; e o modelo ondulatório da luz, que era defendido por Christian Huygens. Segundo Isaac, a luz era formada por partículas; já Huygens defendia a hipótese de que a luz era uma onda. Essas duas correntes provocaram intensas polêmicas entre os cientistas da época, fato esse que marcou a história da física.

Mas afinal de contas, a luz é onda ou partícula?

Para a Física desenvolvida naquela época, a luz era uma coisa ou outra e embora haja evidências incontestáveis da natureza corpuscular da luz, há também fenômenos luminosos que só se explicam adequadamente com a teoria ondulatória. Por isso, há quem diga ainda hoje que **a luz tem um caráter dual** – ou seja, caráter corpuscular e ondulatório. Dois comportamentos complementares, mas auto-excludentes, pois devemos ter em mente as diferenças que existem entre o conceito de corpúsculo (ou partícula) e o conceito de onda; uma partícula transporta matéria, uma onda não. Além disso, ondas as partículas exibem uma diferença notável: a idéia de partícula envolve algo espacialmente bem localizado, enquanto a idéia de onda envolve algo que se distribui no espaço.

A dualidade surge então em relação ao comportamento coletivo desse feixe, que é ondulatório. Por exemplo: A “ola” é uma das coreografias mais bonitas realizada pela torcida durante uma partida de futebol. Dizem que foi criada durante a Copa do Mundo no México, em 1986, para mais tarde se popularizar nos estádios do mundo todo. Na Copa da África não foi diferente, e a coreografia lembra uma onda humana, executada pelos torcedores, que poderiam ser identificados perfeitamente como partículas.

O LDR e o efeito um tanto “moderno”

Hoje em dia se fala muito em energia solar, mas pouco se entende como se converte a energia abundante do sol em energia elétrica e é neste ponto que o efeito fotoelétrico revela uma de suas aplicações.

Os dispositivos que têm a capacidade de transformar energia luminosa, seja ela proveniente do Sol ou de qualquer outra fonte, em energia elétrica são chamados de fotocélulas, podendo funcionar como sensor capaz de medir a intensidade luminosa, como nos casos das portas de shoppings.

Outra aplicação do efeito fotoelétrico que nos traz grande comodidade são as ações automáticas como o acendimento de luzes. Além de as luzes acenderem no momento ideal

(aquele em que a escuridão já começa a dominar o ambiente) diminuindo o consumo de energia, elas diminuem a extensão do sistema elétrico e a nossa intervenção.

Sistemas como esse tem seu princípio baseado no fato de que não havendo iluminação suficiente, há o acendimento das lâmpadas. Sistemas fotossensíveis a luz solar se utilizam do mesmo mecanismo. Enquanto há luz solar, os elétrons são emitidos em um dispositivo chamado **LDR** (resistência dependente da luz), e, que juntamente com o restante dos componentes do circuito, controla o acendimento automático das lâmpadas. Além disso, temos aplicações ao controle remoto, alarmes, abrimento automático de portas. Claro que esses sistemas diferem um pouco um do outro, mas no fundo todos se baseiam nesse efeito.

E o LDR, onde fica nisso tudo?

Devido à ação da luz incidente, os elétrons mais externos dos átomos da estrutura do material que compõem o sólido que constitui o LDR, são “arrancados”, passando a se mover livremente, sendo agora denominados portadores de carga, sendo possível agora conduzir corrente elétrica. Esse efeito, de arrancar elétrons, denominados de *efeito fotoelétrico*, que em geral, é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou *semicondutora* é iluminada com luz numa certa faixa de frequências, a essa contribuição da à condutividade aumenta com a intensidade da luz. Neste caso, elétrons ligados aos átomos são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica. Já na ausência de luz, por exemplo, à noite, a resistência elétrica desse dispositivo (LDR) aumenta enormemente, uma vez que faltam elétrons livres. Uma das características técnicas do LDR é sua sensibilidade à radiação que se encontra na faixa da luz visível.

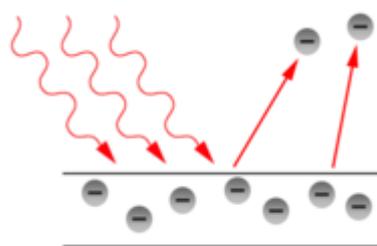


Figura - Ação da luz incidente arrancando os elétrons mais externos dos átomos da estrutura do material que compõem o sólido que constitui o LDR, passando a se mover livremente, sendo agora denominados portadores de carga, sendo possível agora conduzir corrente elétrica.

A intensidade da luz contribui para o aumento da condutividade, uma vez que a luz de determinada frequência e mais intensa possui um número maior de fótons. Neste caso, um número maior de elétrons ligados aos átomos são

promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica.

Já na ausência de luz, por exemplo, à noite, a resistência elétrica desse dispositivo (LDR) aumenta enormemente, uma vez que faltam elétrons livres (lembre que $R = U/i$; com U constante, se a corrente aumenta, a resistência diminui).

Fazendo uso de um ohmímetro, poderíamos notar que o valor da resistência do LDR diminui conforme ele vai sendo exposto à luz.



Figura: LDR exposto à luz.



Figura: LDR apresentando uma resistência maior devido a não exposição à luz.

Montando nosso sistema de iluminação

Materiais necessários

- ✓ 2 suportes de pilhas grandes
- ✓ 2 pilhas grandes de 1,5 V
- ✓ 14 garras tipo jacaré
- ✓ 1 lâmpada de 1,2 V (pingo d'água)
- ✓ 1 transistor BD 135,
- ✓ 1 resistência LDR (150.000 Ω , 1000 Ω)
- ✓ 1 resistência de 1000 Ω .
- ✓ 1 ferro de solda
- ✓ Solda
- ✓ 50 cm de cabinho,

Montemos nosso circuito

Primeiramente, leia atentamente o manual de instruções do ferro de solda. Depois de feito isso, ligue o ferro e deixe-o esquentar. Depois corte, com a tesoura, 7 pedaços de cabinho de 10 cm cada. Em seguida, desencape uma pontinha (0,5 cm) de cada do cabinho. Dica: Na questão da solda, você não deve derreter o estanho no ferro de solda e depois colocar nos componentes e, sim encostar o ferro no lugar da solda e ir colocando o estanho, pois assim o terminal já estará quente e absorverá o estanho.

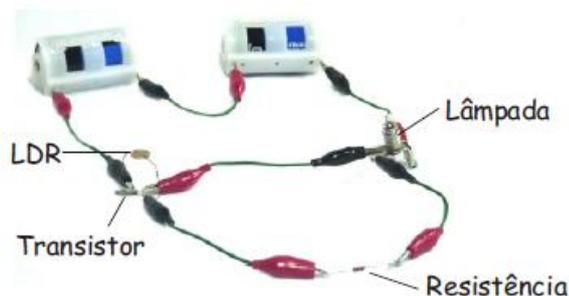
Exemplo:



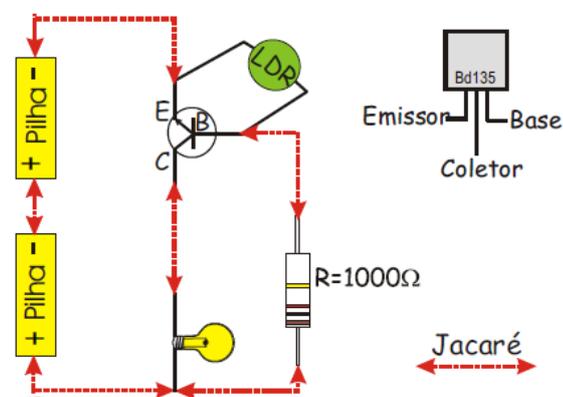
Encoste o soldador na garra, e logo após a solda.

Enfie uma capinha em cada lado do cabinho. Coloque a porção desencapada do cabinho na parte maior da garra.

Agora você já sabe soldar e não será muito difícil montar o circuito ilustrado abaixo.



Para facilitar siga o esquema elétrico abaixo.



Para soldar os componentes coloque solda diretamente sobre os dispositivos elétricos aquecidos. A solda ao aquecer fica no preenche os espaços vazios, unindo as duas peças a soldar.

No caso do transistor você deve levar em consideração forma como ligá-lo, pois seus terminais devem ser conectados adequadamente no circuito.

Analisando o circuito

Deixe o LDR exposto à luz e observe o brilho da lâmpada. Em seguida tampe o LDR de modo que não passe luz por ele. Mais uma vez observe o brilho da lâmpada.

Não se esqueça de registrar as suas observações

Na situação em que o LDR encontra-se exposto a luz, o que se espera é que a lâmpada não acenda. Para que um transistor funcione perfeitamente é necessário que esteja corretamente ligado e que a tensão entre emissor e base assuma um determinado valor que irá variar de transistor para transistor. No caso do BD 135, deve haver um valor superior a 0,7 volts, coisa

que não acontece quando a resistência do LDR é pequena (lembre-se do fato da resistência do LDR mudar conforme a exposição à luz).

Quando tampamos o LDR a lâmpada acende, e o valor da tensão entre emissor e base é de aproximadamente 0,76 V, então podemos afirmar que o transistor está se comportando como condutor. Isso porque a resistência do LDR aumentou, fazendo com que a tensão entre os terminais do emissor e base, aumentasse. Se expusermos gradativamente o LDR a luz, conforme ele vai sendo iluminado percebemos que o brilho da lâmpada diminui e, por conseguinte, a tensão também diminui até o valor de 0,70 V, quando a lâmpada já estará apagada e o LDR totalmente iluminado.