

**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
SUPERINTÊNCIA DA EDUCAÇÃO**

**DIRETRIZES CURRICULARES DE FÍSICA
PARA O ENSINO MÉDIO**

**CURITIBA
2008**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA

1.1. SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES

3.1 CONTEÚDOS ESPECÍFICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA

3.1.1 Conteúdo estruturante movimento

3.1.2 Conteúdo estruturante termodinâmica

3.1.3 Conteúdo estruturante eletromagnetismo

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 O PAPEL DOS LIVROS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA

4.2. OS MODELOS CIENTÍFICOS E O ENSINO DE FÍSICA

4.2.1 A resolução de problemas

4.3 SOBRE O USO DA HISTÓRIA NO ENSINO DE FÍSICA

4.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

4.5 LEITURAS CIENTÍFICAS E ENSINO DE FÍSICA

4.6 AS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

4.6.1. A informática na educação e no ensino de física

5 AVALIAÇÃO

6 REFERÊNCIAS

7 OBRAS CONSULTADAS

1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA

Este texto foi elaborado a partir de discussões realizadas com os professores da disciplina de Física da rede estadual de educação ao longo dos anos de 2003 a 2006 em encontros presenciais e a distância e explicita uma proposta para o trabalho pedagógico com essa disciplina no ensino médio. A contextualização histórica de conhecimentos da Física e suas relações com a educação escolar são fundamentais para a compreensão destas diretrizes curriculares.

A Física tem como objeto de estudo o Universo em toda sua complexidade e por isso, como disciplina escolar, propõe aos estudantes o estudo da natureza que, de acordo com MENEZES (2005) tem, aqui, sentido de realidade material sensível. Entretanto, os conhecimentos de Física apresentados aos estudantes do Ensino Médio não são coisas da natureza, ou a própria natureza, mas modelos elaborados pelo Homem.

Na tentativa de resolver problemas de ordem prática e de garantir subsistência, a humanidade começou a observar para compreender a natureza em tempos remotos, provavelmente no período paleolítico. Porém, bem mais tarde é que surgiram as primeiras sistematizações, com o interesse dos gregos em explicar as variações cíclicas observadas nos céus. Esses registros deram origem à astronomia, talvez a mais antiga das ciências e, com ela, o início do estudo dos movimentos.

Entretanto, apesar dos estudos e contribuições dos mais diversos povos como os árabes e os chineses, entre outros, as pesquisas sobre a História da Física demonstram que até o período do Renascimento a maior parte da ciência conhecida pode ser resumida à Geometria Euclidiana, à Astronomia Geocêntrica de Ptolomeu (150 d. C.) e à física de Aristóteles (384 - 322 a.C.).

As explicações em cada época a respeito do universo mudam de acordo com o que se conhece sobre ele. Aristóteles, no século IV a.C., apresentou argumentos bastante convincentes para mostrar a forma arredondada da Terra e desenvolveu uma física para tentar compreender a nova visão de mundo terrestre. Essa idéia trazia alguns questionamentos como: haver pessoas em toda a superfície que não caíam da Terra; a possibilidade de um percurso iniciar e terminar no mesmo lugar; a Terra não cair por não haver nada que a segurasse, como se supunha ter, quando se imaginava ela plana.

Assim, estudando o movimento dos corpos terrestres Aristóteles deduziu qualitativamente que “existem coisas “pesadas”, como os sólidos e os líquidos que caem em direção ao centro da Terra; e outras coisas “leves”, como o ar e o fogo; que se afastam do centro da Terra (MARTINS, 1997, p. 76).

Dessa forma, quatro elementos formariam o universo: terra, água, fogo e ar. O que

se observava era um comportamento natural dos corpos terrestres em um cosmos considerado ordenado, hierárquico e imutável: os elementos terra e água, por serem pesados, buscavam uma aproximação ao centro do universo; enquanto os elementos fogo e ar, leves, tentavam se afastar dele. Esses movimentos contribuíam para a formação de uma matéria pesada no centro do universo e

como essa matéria pressiona por todos os lados, para esse ponto central, forma-se uma grande massa redonda, que fica parada e que não cai para nenhum lado, pois é igualmente empurrada por todos os lados em direção ao centro. Isso explicaria porque a Terra não cai (MARTINS, 1997, p. 76).

Por outro lado, como se observava que alguns corpos celestes não se aproximam nem se afastavam do centro o universo, Aristóteles imaginou que existiria um quinto elemento, o éter, que a tudo preencheria acima da Lua. Dessa forma o universo seria dividido em dois mundos: o sublunar, localizado abaixo da Lua formado pelos quatro elementos (terra, água, fogo e ar), e; o supralunar, localizado a partir da Lua, formado por éter.

Nessa busca dos elementos ao seu lugar natural no Universo apenas dois tipos de movimentos eram possíveis, os violentos e os naturais. O movimento natural é o do ser que muda em busca do retorno ao seu lugar. O movimento violento ocorre somente na Terra, considerada desorganizada, onde o desequilíbrio tira os corpos do seu lugar natural. Mas esse movimento não se perpetua porque o estado normal da natureza é o repouso.

A física aristotélica nega o vácuo e foge da idéia de infinito, pois na sua época a existência de espaços vazios de matéria era inconcebível. Acima da Lua haveria cascas esféricas feitas de éter, chamadas de orbes, que encaixadas umas nas outras seriam responsáveis pelo movimento de arraste dos planetas em torno da Terra. A última orbe, a casca das estrelas, seria onde o universo terminaria, pois o espaço era concebido como algo cercado por alguma coisa.

Ora, se o universo é tudo aquilo que existe, não há nada fora do universo que possa tocá-lo ou cercá-lo. Por isso, ele não está em lugar nenhum, não está em nenhum espaço. Também não se pode falar sobre o espaço onde não existe nada. Por isso, não se pode falar sobre os espaços fora do universo (MARTINS, 1997, p. 77).

Logo, neste universo, o movimento dos planetas e da Lua só poderia ser circular, pois um círculo tem início e fim. “O cosmo move-se circularmente e não está em espaço algum, já que nada o contém” (ARAUJO, 2003, p. 27-28). Por isso, na física aristotélica não era possível conceber a inércia tal qual a conhecemos hoje, o movimento retilíneo e uniforme indefinidamente não era admissível num universo que era fechado e finito, uma vez que uma reta não tem início nem fim.

Este universo em que se encadeiam os seres, onde todo móvel é movido e que supõe a existência de um motor primeiro para toda mudança, serviu de modelo e guia para a filosofia da natureza de toda a Idade Média, seja pela noção de motor primeiro e imóvel – perfeitamente adequada à postulação da existência de Deus –, seja pela noção de causalidade e determinabilidade dos seres (ARAUJO, 2003, p. 29).

Com São Tomás de Aquino (1225-1274), a filosofia medieval tentou conciliar a tradição cristã ao pensamento greco-romano, cujas influências principais foram Platão (427-347 a.C.), Aristóteles e a astronomia geocêntrica.

O conhecimento medieval do universo era associado a Deus, validado pela Igreja Católica e transformado em dogmas que não deveriam ser questionados. O Cosmo medieval era ordenado, hierárquico e imutável. Por isso, as coisas tendiam a permanecer em seu lugar natural. A Terra ocupava uma posição de destaque, visto que era o lugar onde vivia o Homem, criação divina perfeita.

A cosmologia de Ptolomeu foi aceita pela Igreja porque respeitava este Cosmo, isto é, colocava a Terra no centro do universo. A filosofia medieval cristã (escolástica) submetia a fé e “as verdades científicas” ao cristianismo, valorizava as questões espirituais e, com isso, afastava os filósofos dos estudos dos fenômenos naturais.

As mudanças eram renunciadas pelos que não se enquadravam à escolástica e, no Renascimento, apesar de mantida a visão teocêntrica, passou-se a valorizar as inovações na arte como a geometrização na pintura e a perspectiva tridimensional e a entender a natureza como uma revelação divina que podia ser descrita em linguagem matemática e a geometria como parte fundamental da linguagem do Livro da Natureza. Nesse período surgiram novas técnicas que favoreciam a transformação da ciência e da sociedade.

As observações e cálculos do polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), por exemplo, insistiam em revelar que era o Sol o centro de um sistema do qual a Terra era apenas um planeta. A partir disso ele propôs o novo modelo de explicação do universo (heliocentrismo), uma idéia já defendida muito antes por Aristarco de Samos (310-210 a.C.), para quem o universo tinha um fogo central.

O sistema heliocêntrico de Copérnico fundamentava-se na geometria de Platão, na Filosofia de Pitágoras e trazia um grande problema para a Física: uma inconsistência entre a Física aristotélica utilizada para descrever os fenômenos sublunares e a Astronomia usada para descrever os fenômenos celestes, contradição que viria a ser resolvida com os estudos de Isaac Newton (1642-1727) (ARAUJO & CARUSO, 1998).

As inconsistências e insuficiências dos modelos explicativos do universo exigiram novos estudos que produziram novos conhecimentos físicos. Tais estudos foram estimulados pelas mudanças econômicas, políticas e culturais iniciadas no final do século XV com a ampliação da sociedade comercial. Esses acontecimentos acentuaram-se ao longo dos séculos seguintes, levaram ao fim a sociedade medieval e abriram caminho para a Revolução Industrial do século XVIII.

A navegação, os descobrimentos de novos continentes, as trocas de mercadorias, a criação de bancos, a circulação de bens e dinheiro geraram o surgimento de uma nova classe social: a burguesia, que se opõe, naturalmente, ao poder dos príncipes e reis medievais, bem como aos dos cardeais da Igreja [...] (PONCZEK. In: ROCHA, 2005, p. 32).

Nesse novo contexto histórico, Galileu Galilei (1562-1643) inaugurou a Física que conhecemos hoje. De suas observações pelo telescópio desfez o sacrário dos lugares naturais, da dicotomia entre terra e céu, entre mundo sublunar e supralunar e contribuiu para a afirmação do sistema copernicano. O universo deixou de ser finito e o céu deixou de ser perfeito. O espaço passou a ser mensurável, descrito em linguagem matemática.

Galileu buscava descrever um fenômeno partindo de uma situação particular, por exemplo, a queda de um corpo sob ação da gravidade. Com ele estruturaram-se as bases da ciência moderna que parte de uma situação particular para fazer generalizações e construir leis universais.

Caruso e Araújo (1998) ressaltam outro aspecto fundamental do método científico de Galileu: o valor epistemológico atribuído à experimentação que, ao contrário da contemplação e da argumentação racional, seria o caminho para a “verdade”. Segundo os autores, ao combinar o conhecimento empírico com a Matemática, Galileu realizou uma síntese que deu origem ao que se convencionou chamar de método científico moderno, rompendo com o método descritivo de Aristóteles e com o pensamento medieval.

A nova visão de mundo de Galileu, [...] que ousou observar sob a mesma perspectiva corpos celestes e terrestres, era coerente com sua irreverência ao publicar seus trabalhos em italiano, língua do povo, e não em latim, língua dos doutos. René Descartes, filósofo seu contemporâneo, também propunha que a mesma ciência desse conta dos mundos supra-lunares, separados na tradição aristotélica. É justo tomar Galileu e Descartes como marcos da modernidade e do que se conhece hoje como ciência (MENEZES, 2005, p. 18).

Galileu publicou a sua obra “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo - ptolomaico e copernicano” na qual defendia o sistema heliocêntrico de Copérnico, embora sem considerar as leis de Kepler sobre o movimento da Terra em torno do Sol. Essas leis foram levadas em conta por Newton, que estabeleceu uma unificação do modo como a Física analisa os

(...) fenômenos terrestres e celestes, resolvendo assim na sua essência a crise na Ciência introduzida pela Revolução Copernicana. É um passo gigantesco, restaurador da credibilidade da Ciência e essencial para o surgimento do Iluminismo (CARUSO & ARAÚJO, 1998, p. 10).

Ao aceitar o modelo de Copérnico e propor a matematização do universo, Galileu causou uma revolução. É evidente que ele não fez isso sozinho, mas, ao aprofundar as

idéias que evoluíam desde que o homem se interessou pelo estudo da natureza, contribuiu para o nascimento da Ciência Moderna.

Ao instituírem o método científico, Bacon, Galileu, Descartes e, provavelmente, outros anônimos, retiraram das autoridades eclesiásticas o controle sobre o conhecimento e iniciaram um novo período que chamamos de moderno, de modo que se abriu caminho para que Isaac Newton fizesse a primeira grande unificação da ciência elevando a Física, no século XVII, ao status de Ciência.

Com sua mecânica e sua gravitação, Newton completou o que Galileu e Descartes não chegaram a realizar, que foi submeter o céu e a Terra às mesmas leis; a primeira grande unificação da física. Ele identificou as quantidades transferidas em qualquer interação e percebeu que a soma destas quantidades se mantém no sistema conjunto das partes que interagem, seja este o sistema solar ou um simples carrossel. Descobriu, assim, o primeiro e talvez o mais universal conjunto de invariantes na física, as quantidades de movimento, grandezas que se conservam sempre, mesmo em processos em que tudo parece estar mudando (MENEZES, 2005, p. 19).

Enquanto Copérnico, Kepler e outros antecessores e contemporâneos deram grande importância à composição da matéria, essência dos corpos identificada na formas geométricas, Newton procurou pelas leis do movimento e pela forma como se dá a interação entre os corpos, a qual foi sintetizada na Teoria da Gravitação.

A Teoria da Gravitação deu consistência teórica aos trabalhos de Brahe e Kepler e pode ser considerada o início de uma nova concepção na qual o universo passaria a ser governado por leis físicas, sob equações matemáticas, e menos submetido à ação divina.

A partir de Newton prevaleceu a idéia de que o universo se comporta com uma regularidade mecânica, conhecida como mecanicismo¹ e alicerçada em dois pilares:

- a Matemática, como linguagem para expressar leis, idéias e elaborar modelos para descrever os fenômenos físicos
- a experimentação, como forma de questionar a natureza, de comprovar ou confirmar idéias e de testar novos modelos.

Ainda prevalecia uma concepção mística da natureza, pois Deus era considerado uma força infinita e causa de todos os fenômenos do Universo. A natureza era entendida como um grande relógio ao qual Deus, o relojoeiro, deu corda e saiu de cena. As leis da natureza seriam a forma do criador reger sua criação. Por isso, a grande importância dada às leis do movimento sistematizadas por Newton.

A síntese elaborada por Newton explicava de forma satisfatória fenômenos celestes

¹ O termo mecanicismo é polissêmico, isto é, assume diferentes significados ao longo do tempo. Indica-se, para aprofundamento, o texto: BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria de campo e a desmecanização da física. In: **SCIENTLE studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006.

e terrestres, por isso seu trabalho foi considerado o caminho correto para o conhecimento do universo pelos filósofos europeus iluministas do século XVIII, especialmente na França.

O Iluminismo herdou de Descartes e Newton idéias racionalistas e mecanicistas e, embora a presença divina e a alquimia fossem muito fortes na obra de Newton, os iluministas concentraram-se na matemática e na experimentação, pois desejavam uma sociedade pautada na razão.

De acordo com Abrantes (1989), a Física francesa do século XVIII distinguia as propriedades gerais dos corpos (*physique générale* – Física geral), seguindo o modelo dos *Principia*. Era abstrata, matematizada, euclidiana, cujo caráter qualitativo e especulativo dificultava uma visão simples da natureza.

Os fenômenos particulares, por sua vez, (*physique particulière* – Física especial) eram tomados sob uma abordagem empírica, qualitativa, especulativa, conforme o modelo newtoniano da Óptica. “Em Laplace, os newtonianos que tomaram seja os *Principia*, seja a *Óptica* como paradigmas, confluem, contribuindo para o surgimento, na França, de uma Física unificada” (ABRANTES, 1989, p. 10).

Os franceses estiveram entre os grandes disseminadores da obra de Newton e se preocuparam em eliminar o empirismo² e as idéias metafísicas – como o papel da ação divina na teoria da gravitação, por exemplo –, o que deu origem à Física Matemática. Mesmo a termodinâmica, de início desenvolvida empiricamente, passaria a ter um tratamento quantificado com os franceses nos moldes do *Principia*.

Na Inglaterra, na segunda metade do século XVIII, o contexto social e econômico favorecia o avanço do conhecimento físico com a evolução da termodinâmica, pois a incorporação das máquinas a vapor à indústria trouxe mudanças no modo de produzir bens e contribuiu para grandes transformações sociais e tecnológicas.

Essa primeira revolução industrial se fez mais com conhecimento técnico do que com ciência, (?) por pesquisas empíricas. Tal revolução na indústria transformou a vida social e econômica e completou

[...] o que já se iniciara com o mercantilismo, quando os seres humanos passaram a ser também força-de-trabalho e a natureza passou também a ser matéria-prima. O poder, antes centrado no domínio territorial, a partir de então passou a ser, cada vez mais, definido pela capacidade de produzir mercadorias e de controlar mercados (MENEZES, 2005, pp.20-21).

² Para Newton, os fenômenos deveriam ser provados pela razão e por experimentos. As hipóteses não têm lugar na filosofia experimental, diz Newton no escólio geral dos *Principia*. O argumento da indução não deve ser desviado através das hipóteses, mas a abordagem da física especial seguia o espírito da “*queries*”, que são questões, problemas colocados por Newton para posterior investigação a ser feita por outros. Newton também não descobriu a causa da gravidade a partir dos fenômenos, pois ele não inventaria uma hipótese pelo seu posicionamento metodológico. Também nos *Principia*, alguns conceitos (por exemplo “força”), apresentam-se como obstáculo à matematização pelo seu caráter excessivamente empírico. Esses empecilhos precisavam ser eliminados para que se alcançasse uma Física unificada. (ABRANTES, 1989, pp.7-9).

A união entre técnicos e cientistas para o entendimento da ciência do calor, indispensável para melhorar a potência das máquinas térmicas, possibilitou o estabelecimento das leis da termodinâmica e uma outra grande unificação da Física: o calor passou a ser entendido como uma forma de energia relacionada ao movimento.

Em 1842, Mayer concluiu que calor e trabalho são manifestações de energia, e elaborou uma síntese na qual afirmava que a energia criada

não pode ser destruída, aniquilada; pode tão-somente mudar de forma. Ao abranger trocas de trabalho e calor, a energia mostrou-se uma quantidade que se conserva em todos os processos, constituindo outro grande invariante, ao lado das quantidades de movimento, outra grande unificação da física (MENEZES, 2005, p. 29).

Em conjunto com as máquinas, a incorporação da ciência ao sistema fabril como força produtiva reduziu o homem a mero operador de máquinas. O trabalho do artesão que dominava todas as etapas do seu ofício foi substituído pelo trabalho especializado e fragmentado. A compreensão do complexo sistema fabril era para poucos, com mudanças na formação do trabalhador que era diferenciada da formação dos dirigentes. O conhecimento físico tornou-se, então, um importante aliado para o avanço da sociedade capitalista.

Nesse contexto houve uma outra unificação na Física, cuja sistematização coube ao escocês James Clerk Maxwell, por volta de 1861.

[Maxwell] [...] previu que os campos eletromagnéticos poderiam se propagar como ondas, o que foi logo confirmado por Heinrich Hertz. A velocidade destas ondas coincide com a da luz, levando à formulação da teoria eletromagnética da luz, completando assim, a unificação que Faraday iniciara. Ao lado da teoria da gravitação universal, desenvolvida por Newton, a teoria do eletromagnetismo, sistematizada por Maxwell, completou uma visão geral de todos os campos de força até então conhecidos, ao mesmo tempo em que lançou as bases tanto para a produção e uso da energia elétrica quanto para as modernas telecomunicações (MENEZES, 2005, p.21).

Até meados do século XIX então, todos os problemas, aparentemente, poderiam ser resolvidos pela Física Newtoniana, pelas leis da termodinâmica e pelas equações de Maxwell. Faltava apenas uma base experimental para o éter, meio mecânico criado para propagar as ondas eletromagnéticas, inventado para manter a imagem mecanicista, portanto previsível, de um universo mecânico criado pelo homem no século XVII.

Entretanto, o início do século XX foi marcado por uma nova revolução no campo de pesquisa da Física. Em 1905, Einstein apresentou a teoria da relatividade especial ao perceber que as equações de Maxwell não obedeciam às regras de mudança de referencial da teoria newtoniana. Ao decidir pela preservação da teoria, Einstein alterou os fundamentos da mecânica e apresentou uma nova visão do espaço e do tempo, sem o éter³.

³ Para saber mais sobre o assunto sugere-se a leitura do experimento realizado por Albert Michelson

No período entre guerras, os trabalhos dos diversos cientistas que fugiram dos governos autoritários fascistas, levaram muitos cientistas a se transferirem para outros países onde tinham mais liberdade para desenvolver suas pesquisas, especialmente os Estados Unidos, e cujos trabalhos abriram caminho para o desenvolvimento da mecânica quântica. A interpretação probabilística da matéria e a descrição da natureza em função de interações passaram a nortear o desenvolvimento da Física no mundo.

Nesse contexto histórico, em 1934, no Brasil, foi criado o curso de *Sciencias Physicas*, na Faculdade de Philosophia, Sciencias e Letras da Universidade de São Paulo, para formar bacharéis e licenciados em Física. Isso permitiu ao país que a Física, como campo de pesquisa e criação de novos conhecimentos, começasse a se desenvolver efetivamente.

Os novos fatos científicos do século XX obrigaram os físicos a refletir sobre o próprio conceito de ciência, sobre os critérios de verdade e validade dos modelos científicos, entretanto, o mesmo não ocorreu com o ensino de Física no Brasil que não sofreu grandes alterações até meados da década de 1940.

1.1. SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Na escola secundária o ensino de Física era uma realidade desde 1808, com a vinda da família real ao Brasil. A inserção desse conhecimento no currículo visava atender os anseios da corte para a formação de uma intelectualidade local. Destinava-se, inicialmente, aos cursos de formação de engenheiros e médicos, portanto, não era para todos.

Em 1837, foi criado no Rio de Janeiro o Colégio Pedro II, para servir de padrão de ensino secundário e modelo para os demais colégios a serem criados nas províncias. Foi adotada uma Física matematizada, quantitativa, ensinada por meio dos manuais franceses, com ênfase na transmissão e aquisição de conteúdos, relacionados aos problemas europeus, distantes da realidade brasileira. Os autores adotados constituíam uma elite no mundo intelectual da época e eram os mesmos utilizados pelas escolas francesas, conforme observou LORENZ (1986).

Essa predominância por materiais didáticos traduzidos ou adaptados dos manuais europeus perdurou até meados do século XX, quando começaram a surgir outras produções, inclusive nacionais. De modo geral, o fim da Segunda Guerra Mundial marcou um momento de euforia no ensino de Ciências e provocou mudanças no currículo escolar da disciplina.

A busca por novas tecnologias de guerra, iniciada com o desenvolvimento da bomba atômica, ampliou o clima de rivalidade entre as duas grandes potências (Estados Unidos e Rússia) e acirrou a corrida armamentista.

(1852-1931) e Edward Morley (1838-1923), em 1887 em: RIVAL, 1997.

Nesse contexto, em 1946, no Brasil, foi criada a primeira instituição brasileira direcionada ao ensino de Ciências⁴: o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (Ibccc), que era de fato a Comissão Nacional da Unesco no Brasil. Seu papel era “[...] promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam nas instituições de ensino superior e, assim, contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional” (BARRA E LORENZ, 1986, p. 1971). Sua atividade mais importante foi construir material para laboratório, livros didáticos e paradidáticos.

Em 1957, com o lançamento do primeiro satélite artificial – o *Sputnik* – a União Soviética deu um passo à frente na corrida espacial. Esse fato foi atribuído ao avanço tecnológico e científico soviético e à qualidade de seu ensino. Iniciou-se então, uma rediscussão sobre o ensino de Ciências, com críticas à abordagem livresca da educação científica própria de países como os EUA e o Brasil, entre outros.

Essas discussões eram parte de um projeto político pela hegemonia capitalista americana e alteraram os rumos do Ibccc. De fato, a partir de 1959, originaram-se grandes projetos para a melhoria do ensino de ciências como o da Fundação Nuffield, na Inglaterra, e o *Physical Science Study Committee* (PSSC) nos EUA, este com versão também para Biologia e Química.

Na década de 1960, o PSSC foi traduzido pelo Ibccc como um projeto integrante de um programa de apoio à América Latina, da Fundação Ford. Conforme Wu (2003) e Barra e Lorenz (1986), tal projeto deveria renovar o ensino de ciências para o desenvolvimento tecnológico nacional. No Brasil, o PSSC teve apoio financeiro da Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (Usaid), em prol da "Aliança para o Progresso", e marca a influência do modelo americano no ensino das disciplinas científicas no Brasil. Entretanto, o projeto foi concebido para as escolas americanas, razão pela qual se evidenciou inadequado à realidade educacional brasileira, sobretudo devido à precária formação e qualificação dos docentes.

A revogação da obrigatoriedade de adoção dos programas oficiais do MEC, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB nº 4.024, de 21 de dezembro de 1961, deu liberdade às escolas quanto à escolha dos conteúdos de ensino. Isso possibilitou ao Ibccc introduzir, nos cursos colegiais, os materiais já adotados em outros países e publicados pelo convênio Universidade de Brasília/Usaid. Investiu-se na aquisição de kits de materiais para aulas experimentais, por meio de convênios com instituições e governos estrangeiros. Tais *kits* eram traduzidos e “sempre acompanhados de livros que serviam de roteiros-guia para as atividades dos professores, perpetuando, dessa forma, o modelo de ensino difundido nos programas” (ROSA E ROSA, 2005, p. 5) americanos.

Por outro lado, projetos nacionais começaram a ser desenvolvidos. Em São Paulo, o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (Getef), formado por professores

⁴ Decreto Federal nº 9.355, de 13 de junho de 1946.

ligados ao ensino secundário paulista, desenvolveu o Projeto Piloto de Ensino de Física, durante o golpe militar de 1964 com o patrocínio da Unesco, que introduziu a tecnologia educativa e o uso da instrução programada no país.

Outros dois projetos, também nacionais, foram desenvolvidos: o Projeto de Ensino de Física (Pef), pelo Instituto de Física da USP; e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (Pbef), pela Fundação Brasileira de Educação e Cultura (Funbec). Por meio desses projetos eram produzidos materiais didáticos e treinavam-se professores. A metodologia baseava-se nos princípios da tecnologia educacional, introduzida pelo Getef, que tomava o aluno como centro do processo de ensino-aprendizagem. “A meta proposta era desenvolver um material didático em que o aluno praticamente trabalhasse sozinho, quase sem a ajuda do professor” (WUO, 2003, p. 323).

A busca da modernização e desenvolvimento (dependente) do país pelos militares, pós 1964, valorizara o ensino de Ciências, pois, para isso, necessitava-se de mão-de-obra qualificada, o que levou à promulgação da Lei nº 5.692, de Diretrizes e Bases da Educação, em 1971. Assim, o ensino de segundo grau (hoje ensino médio) devia preparar os alunos para o trabalho, cujos objetivos eram:

- conter a demanda aos cursos superiores;
- encaminhar os estudantes dos cursos técnicos para o mercado de trabalho mais rapidamente
- consolidar uma prática semelhante à visão americana da educação como fonte de progresso econômico (ROSA & ROSA, 2005).

Ao longo da década de 1970, então, a educação, em especial no ensino de Ciências, foi chamado à responsabilidade de levar o Brasil ao desenvolvimento e à modernidade. No plano internacional, os programas de melhoria de ensino para esta disciplina, deram origem a projetos que, no Brasil, aconteceram por meio do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino-PREMEN, criado em 1972.

Nos anos de 1980, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Gref), integrado por professores da Rede Estadual Pública de São Paulo e coordenado pelo Instituto de Física da USP, elaborou uma proposta de ensino cuja abordagem dos conteúdos escolares deveria partir da vivência de professores e alunos. Tal proposta colocava o professor no centro do trabalho pedagógico. Além de cursos de formação e assessoria o Gref produziu uma coleção de três volumes destinados aos professores⁵. Além disso, o grupo do Gref produziu as “Leituras em Física”, dirigidas aos estudantes, disponíveis na rede web, no sítio da USP.

⁵ Essa coleção compõe a Biblioteca do Professor, disponível nas escolas da rede estadual de educação do Paraná.

No Paraná e em todo o país, no final da década de 1970 e início da década seguinte, sob a euforia pelo fim da ditadura militar, pela perspectiva de abertura democrática e, pela perspectiva de eleições diretas imediatas para presidência da república e governos estaduais, muitos puderam manifestar um discurso político de defesa dos menos favorecidos, inclusive no meio educacional.

A chamada pedagogia histórico-crítica é exemplo desse momento. Por meio das idéias de teóricos e educadores como Dermeval Saviani, as discussões e as ações para implementação dessa perspectiva pedagógica tiveram início, primeiramente na prefeitura de Curitiba e, depois, na rede estadual. Desse movimento, nasceram o Currículo Básico e os documentos de Reestruturação do Ensino de 2º Grau, entre eles o referente à disciplina de Física.

Publicada em 1993 essa proposta de reestruturação do ensino de Física buscava propiciar ao aluno uma sólida educação geral voltada à compreensão crítica da sociedade para enfrentar as mudanças e atuar sobre elas, condição improvável sem a aquisição do conhecimento científico. Além disso, o entendimento da relação ciência-tecnologia, do processo de elaboração da ciência e sua aplicação à tecnologia, evitaria a apresentação da ciência como verdade absoluta – à margem da sociedade – e contribuiria para o desenvolvimento da criticidade dos estudantes.

Esse processo político-educacional, todavia, foi interrompido porque as novas demandas da educação no país, na década de 1990, passaram a ser explicitadas por diversos documentos de organismos mundiais, como o Banco Mundial (BM) e seu braço, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), entre outros. A educação deveria então, estar voltada à competitividade, numa sociedade cada vez mais dominada por recursos tecnológicos de última geração. A necessária reforma educacional para esse fim foi concretizada com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) nº 9.394/96, com as Diretrizes Curriculares Nacionais e com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Nos textos desses documentos verificam-se referências à necessidade de formação de cidadãos polivalentes, criativos e capazes de adaptação permanente às novas formas de produção, reorienta a formação e a qualificação profissional para que se alcance a qualidade e a competitividade.

O uso da tecnologia na educação, especialmente os recursos computacionais, passou a ser exigência do novo padrão de formação e qualificação. Nos documentos do Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio do Paraná (Proem), de 1994, essa idéia foi usada como justificativa para reformular o Ensino de 2º Grau no Estado (Paraná/SEED Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio) face à nova configuração brasileira e mundial, exposta à acirrada competição. Tal concepção implicava reorientar a formação e a qualificação profissional para melhorar a qualidade e a competitividade.

No Paraná, antes da publicação dos PCN, ocorreu em 1998 uma discussão por áreas de conhecimento para implementar a reforma proposta pelo Proem e exigiu-se que os Projetos Pedagógicos (PP) das escolas se fundamentassem na Pedagogia das Competências⁶. Assim, foi desconsiderado o artigo 3º da LDB que supõe um ensino baseado nos princípios da “*liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber*” e, “*pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas*” (LDB nº 9.394/1996, Art. 3, parágrafos II e III).

A partir de 2003 foi proposta uma mobilização coletiva para elaboração de novas diretrizes curriculares estaduais, considerando-se a necessidade de um documento crítico para orientar a prática pedagógica nas escolas paranaenses e o lapso de tempo em que o professor ficou à margem dessas discussões.

O tratamento dos conteúdos sob enfoque disciplinar prossegue porque, conforme Lopes (1999) observou a partir de Bachelard, a Física é um campo de conhecimentos específicos em construção e socialmente reconhecidos, eis porque não é aceitável generalizá-lo.

Propôs-se, então, a retomada das discussões por disciplina para que o professor se reencontre com o seu campo do conhecimento, em busca tanto do que é específico de sua disciplina de atuação quanto da necessidade de estabelecer a interdisciplinaridade.

Estas Diretrizes buscam construir um ensino de Física centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que esta não é somente fruto da racionalidade científica. É preciso ver o ensino da Física “com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos” (MENEZES, 2005).

Entende-se, então, que a Física deve educar para cidadania e contribuir para o desenvolvimento de um sujeito capaz de admirar a beleza da produção científica ao longo da história. Também deve considerar a dimensão crítica do conhecimento sobre o universo de fenômenos ao fazer perceber a não-neutralidade de sua produção, mas seu comprometimento e envolvimento com aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais.

O ponto de partida da prática pedagógica são os conteúdos estruturantes, propostos nestas Diretrizes Curriculares com base na evolução histórica das idéias e dos conceitos da Física. Para isso, os professores devem superar a visão do livro didático como ditador do trabalho pedagógico, bem como a redução do ensino de Física à memorização de modelos conceitos e definições, excessivamente matematizados e tomados como verdades absolutas, como coisas reais.

Ressalta-se a importância de um enfoque conceitual para além de uma equação matemática, sob o pressuposto teórico o qual afirma que o conhecimento científico é uma

⁶ O termo *Competências* admite muitos significados, é polissêmico. Entendê-lo exige estudos mais aprofundados que não cabem em uma definição apenas. Indica-se: Kuenzer, A. (org.), 2001 e Ramos, M. N., 2001.

construção humana com significado histórico e social.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

O recorte histórico da Física, apresentado na primeira parte deste documento, teve por objetivo buscar um quadro conceitual de referência capaz de abordar o objeto de estudo desta ciência – o universo – sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem.

Os resultados desta busca são grandes sínteses que constituem três campos de estudo da Física e que completam o quadro teórico desta ciência no final do século XIX:

- *A mecânica e a gravitação*, elaboradas por Newton em duas obras: *Pilosophiae naturalis principia mathematica* (os *Principia*) e *Opticks* (Óptica);
- *A termodinâmica*, elaborada por personagens como Mayer, Carnot, Joule, Clausius, Kelvin, Helmholtz e outros;
- O *eletromagnetismo*, síntese elaborada por Maxwell a partir de trabalhos de homens como Ampère e Faraday.

O estudo dos *movimentos* (mecânica e gravitação) presente nos trabalhos de Newton teve a sua continuidade desenvolvida posteriormente por outros cientistas, como Lagrange, Laplace e Hamilton e centra-se nas leis do movimento dos corpos materiais, sua descrição e suas causas. Com esse estudo, o universo passou a ser descrito a partir de entidades como o espaço e o tempo, e as causas dos movimentos são as forças.

Os conceitos de massa, espaço e tempo se fizeram presentes desde que os homens iniciaram seu contato com a natureza, mas Newton elaborou a primeira concepção (científica) de espaço e de tempo:

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração; o tempo relativo, aparente e comum é alguma medida de duração perceptível e externa (seja ela exata ou não uniforme) que é obtida através do movimento e que é normalmente usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano. (...) O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa (...) (NEWTON, 1990, p.7).

Os conceitos explicitados por Newton são considerados entidades⁷ no estudo dos movimentos porque eles são fundamentais para a sustentação da teoria. A Física newtoniana ao deduzir as leis do universo através de postulados, leis e axiomas ampara-se em idéias mecanicistas e deterministas de mundo, sustenta-se na idéia de que se conhecêssemos a posição inicial e o *momentum* da partícula juntamente com a massa, todo

⁷ As entidades físicas dentro de cada uma destas sínteses (teorias) – Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo – são aqueles conceitos que são fundamentais para a sustentação da teoria. Por exemplo, no estudo dos movimentos os conceitos e definições são expressos através das entidades espaço, tempo e massa; a velocidade é definida como uma relação entre espaço e tempo (ds/dt); a aceleração é expressa como a variação da velocidade no tempo (dv/dt) ou seja, (d^2s/dt^2).

o seu futuro poderia ser determinado. Tal concepção de ciência foi tomada como absolutamente verdadeira.

A segunda síntese, a termodinâmica, desenvolveu-se a partir do estudo dos fenômenos térmicos e sua axiomatização é resultante da integração entre os estudos da mecânica e do calor, de onde se desenvolveu o Princípio da Conservação da Energia.

Bucussi (2006), amparado em Kuhn, postula que a descoberta do princípio da conservação da energia ocorreu de forma simultânea entre 1842 e 1847 por quatro cientistas europeus: Mayer, Joule, Ludwig Colding e Helmholtz, e conclui:

Só depois de Rudolf Clausius (1822-1888) ter, em 1865, demonstrado matematicamente esta lei [da conservação da energia] foi que o termo energia recebeu significado preciso sendo admitido como uma “função de estado”, estando em tal gênese um forte vínculo com as relações entre calor e trabalho, dois conceitos que hoje tidos como “processos transferência-transformação de energia”. Destaca-se ainda que Joule e Clausius assumiram que o calor estava relacionado com uma certa energia cinética das partículas que constituem os corpos, passando a se estruturar cada vez mais uma Teoria Cinética baseada nas leis de Newton, que permitirá, inclusive, a compreensão das Leis da Termodinâmica (BUCUSSI, 2006, p.13).

O estabelecimento do princípio da conservação da energia se expressa na primeira lei da termodinâmica através da formulação do conceito de energia interna de um sistema. Entretanto, a irreversibilidade dos fenômenos espontâneos exigia a formulação de uma outra lei, pois aparentemente existia uma violação da primeira lei: não era possível a transformação integral de calor em trabalho. A constatação da aparente violação da primeira lei levou à formulação da segunda lei da termodinâmica e a construção de um outro conceito fundamental, a entropia.

Assim, o calor (entendido como mais uma das várias manifestações da energia), o conceito de temperatura e a entropia são essenciais para a compreensão deste corpo teórico (a termodinâmica), por isso são considerados por estas diretrizes entidades fundamentais.

Por sua vez, o eletromagnetismo desenvolveu-se a partir do estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos, e sua elaboração deveu-se a estudos de diversos cientistas, entre eles Ampère, Faraday e Lenz, cujos resultados permitiram a Maxwell sistematizar as quatro leis do eletromagnetismo.

Após um período de prevalência do método indutivo de Newton com a publicação dos *Principia*, no século XVIII o método hipotético voltou à tona para explicar os fenômenos ligados à gravitação, à eletricidade, ao magnetismo e à óptica, entre outros. Uma série de fluidos sutis (por exemplo, o éter) foi invocada para explicar estes fenômenos.

Nesse contexto científico trabalharam Faraday e Maxwell, ambos contrários à idéia da ação à distância. Faraday, ao formular a hipótese de linhas de força, instituiu a idéia de ação contínua. Maxwell, através de uma analogia entre as linhas de força e o fluido

incompressível, o éter, estabeleceu conexão entre os fenômenos descobertos por Faraday, na busca de uma teoria para o campo eletromagnético.

Para Maxwell a energia ocupa um lugar fundamental em substituição à descrição mecânica newtoniana em termos de impulsos e força. O campo eletromagnético não é meramente disposicional, mas possui energia, ou seja, é uma entidade física com existência real (Bezerra, 2006). Mas, apesar de dotado de energia própria, o campo de Maxwell está associado ao éter, isto é, a um meio mecânico.

Maxwell se apresenta como um personagem de transição entre a visão mecanicista e a desmecanização do mundo, embora de forma não linear, isto é, oscila entre a adesão à visão mecanicista e o rompimento com ela. No plano ontológico “a teoria de Maxwell é uma teoria do campo eletromagnético, mas, ao mesmo tempo uma teoria do éter eletromagnético” (BEZERRA, 2006, p. 202, 207, 209). (paráfrase?)

Tanto Faraday quanto Maxwell consideravam que a ação intermediada por um meio ou por um campo era um tipo de ação por contato⁸. Neste caso contato entre o corpo B que sente o campo C ao seu redor, campo este produzido por outro corpo A [a carga elétrica, ou a corrente elétrica]. Neste modelo considera-se que o campo C foi propagado ao longo do espaço de A até B (ASSIS. In: SILVA, 2006, p. 95).

Na teoria de campo eletromagnético elaborada por Maxwell, cargas, correntes e campos apresentam-se como estados mecânicos do éter (Chalmers. In: Bezerra, 2006, p. 195), hoje são considerados conceitos fundamentais do eletromagnetismo. Ao prever que os campos eletromagnéticos poderiam se propagar como ondas e que essas ondas se propagam à velocidade da luz, Maxwell dá à luz também o status de conceito fundamental do eletromagnetismo.

Assim, a Física chegou ao final do século XIX com um quadro conceitual de referência construído ao longo de séculos nestes três campos: movimento (mecânica e gravitação), termodinâmica e eletromagnetismo. Esse conjunto teórico e a visão de mundo deles decorrente ficaram conhecidos como Física Clássica. Muitos pesquisadores desta época acreditavam que todos os problemas relacionados a questões físicas resolviam-se com essa teoria clássica.

Esse quadro, contudo apresentou alguns problemas de abrangência, especialmente certos aspectos do eletromagnetismo, que não se harmonizavam com a mecânica newtoniana. Um exemplo pode ser a radiação emitida por estrelas e corpos aquecidos, fenômenos não compreendidos nem pela termodinâmica nem pelo eletromagnetismo.

⁸ Para entender a importância do trabalho de Maxwell que possibilitou uma análise dos fenômenos eletromagnéticos instituindo o conceito de campo (ação por contato) sugerem-se os textos:

BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria de campo e a desmecanização da física. In: **SCIENTLE studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006.

ASSIS, A. K. T. Interações na física – Ação à distância versus ação por contato In Silva (2006). O aprofundamento do conceito de campo pode ser mais bem compreendido com a leitura de Gardelli, 2004.

Outras questões que também permaneciam em aberto (e algumas ainda permanecem), as quais nos mostram quão longe se estava da compreensão do universo, são:

- Qual a origem da matéria?
- Que forças agem sobre os componentes da matéria?
- Como explicar as propriedades térmicas e químicas da matéria?
- Qual a natureza da força de gravitação?

A visão mecanicista começou a ser abalada com a experiência de Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923), em 1887, que revelou ser o valor da velocidade da luz independente do referencial adotado para a medida e pôs em dúvida a existência do éter. Este fato pode ter contribuído para que os físicos aceitassem uma visão relativística da natureza, a qual independe do éter. Isso já se observava no trabalho de Maxwell, embora ele aceitasse o éter.

Para Bezerra (2006), a eletrodinâmica de Maxwell estava adiante do seu tempo, pois tal teoria se apresenta independente em relação ao éter, compatível com a imagem relativística da natureza. Isso se justifica, pois o campo eletromagnético, união dos campos elétrico e magnético, impõe uma união entre o espaço e o tempo, uma vez que a variação de um campo no espaço está indissolúvelmente ligada à variação do outro campo no tempo.

Até a década de 1870 os físicos ainda acreditavam ser possível medir a velocidade da terra em relação ao éter, mas o impacto proporcionado pelo experimento de Michelson e Morley, seguido por outros, fez surgir a idéia do princípio da relatividade para os fenômenos ópticos e eletromagnéticos, embora não fosse unânime a sua aceitação.

Einstein, em 1905, escreveu o artigo “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” no qual preservava as equações de Maxwell e postulava a invariância da velocidade da luz. O éter foi então, desconsiderado e o espaço e o tempo, redefinidos.

Os resultados apresentados por Einstein nesse artigo haviam sido obtidos antes por Lorentz e Poincaré, que aceitavam a existência do éter. Einstein, ao contrário, considerou a invalidade de se falar a respeito do éter uma vez que ele não era observável experimentalmente, pois a Física deveria se preocupar com grandezas observáveis e mensuráveis. A aceitação da impossibilidade de comprovação experimental do éter é uma base fundamental da teoria da relatividade. Essa base não existia antes de 1885. Einstein utilizou essa idéia em 1905 sem dar muitas explicações e, certamente não teria feito da mesma forma se seus estudos fossem realizados vinte anos antes. (Martins, 2005)

A revisão dos conceitos de espaço e tempo nos leva ao golpe final desferido na visão mecanicista. Para o surgimento da teoria da relatividade, era necessário que os

últimos bastiões de uma visão mecanicista de mundo – a saber, o espaço e o tempo – fossem postos abaixo. (...) A teoria da relatividade restrita incorpora princípios aos quais tem que se sujeitar tanto à mecânica quanto o eletromagnetismo. Esse é mais um golpe na visão mecanicista.

A teoria da relatividade geral completa a demolição, na medida em que o próprio espaço-tempo, a própria geometria do universo; se identifica com o campo gravitacional. O último resquício da imagem mecanicista da natureza e de ciência se foi.

Neste novo quadro conceitual (...) finalmente, após uma longa e acidentada travessia histórica, **agora investido de um estatuto ontológico comparável ao da matéria, resta, enfim, o campo** (BEZERRA, 2006, pp. 216-217). Grifos nossos.

Assim, a descrição dos fenômenos eletromagnéticos passava pelos conceitos basilares de carga e campo, doravante designados por estas diretrizes entidades fundamentais do eletromagnetismo.

Para entender o processo de construção desse quadro conceitual da Física e, portanto, os conceitos fundamentais que o sustenta é imperativo que a pesquisa faça parte do processo educacional, ou seja, que cada professor elabore a sua História e Epistemologia da Física. Trilhar esse caminho é um convite a todos e imprescindível para se pensar num currículo para a disciplina.

Como princípio educativo, o conhecimento, que tem como fonte a pesquisa, está na base do processo emancipatório, que sempre começa com a tomada de consciência crítica e a capacidade de dizer não: ato que inaugura o processo político questionador e que jamais se conclui. O confronto de idéias, o embate entre posições, o reconhecimento do conflito, a constatação da desigualdade, são fundamentais para a organização política dos desiguais no sentido da emancipação (BARRETO, 2007, p. 10).

É preciso que o professor volte-se para os estudos teóricos e epistemológicos da Física para ir além dos manuais didáticos e estabelecer relações entre essa ciência e outros campos do conhecimento, permitindo que os estudantes também percebam essas relações.

Uma primeira possibilidade é um novo reconhecimento da disciplinaridade. Isso significa demarcar o espaço da física, explicar seu campo de legislação. Não só ensinar, mas, além disso, mostrar o que é a física. Mostrar qual sua maneira de olhar, o que ela não é capaz de olhar, onde é preciso olhar de outra maneira e onde ela pode se compor com outros olhares. Quer dizer, não só o conteúdo da física, mas qual seu ponto de vista e seus limites. A idéia de disciplinaridade é importante para demarcar e para compor (KAWAMURA, 1997. In: ALMEIDA, 2004, p.64).

Consciente deste quadro teórico disciplinar, acredita-se que seja possível o planejamento e o controle do trabalho pedagógico por parte do professor de modo que atue, efetivamente, como responsável pela aprendizagem de seus alunos.

Para tanto é preciso levar em conta que o conhecimento científico é uma produção humana, e que o cientista/pesquisador, independentemente da instituição de pesquisa ou de quem o financie, é um sujeito histórico e social, ou seja, situado num contexto econômico, político, social e cultural e por ele influenciado. Por isso, para entender a ciência é necessário:

- considerar a sociedade onde é produzida,
- perceber os interesses das instituições de pesquisa que a apóiam e sustentam,
- entender que o meio social e os avanços técnicos e científicos se inter-relacionam.

O ensino de Física deve considerar a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência, pois “é possível/viável sermos também ‘epistemólogos’ no campo pedagógico. É possível, desejável, necessário, estudarmos ciências e sobre ciências” (AUTH; ANGOTTI. In: PIETROCOLA, p. 198, 2005).

A Filosofia, especialmente aquela fundamentada na História, permite dialogar de forma mais enriquecedora com a natureza. Contribui para repensar o ensino de Física, o qual impõe uma reflexão a partir de suas múltiplas faces: os sujeitos (docentes e estudantes), os livros didáticos, os processos de socialização dos conteúdos escolares e avaliação, o contexto escolar, os laboratórios, como também a sociedade em que vivemos.

Tomando o pressuposto da ciência como uma produção cultural é preciso localizar os conteúdos escolares num contexto social, econômico, cultural e histórico, situados no tempo e no espaço. Isto significa voltar-se para a sociedade da qual o cientista/pesquisador fazia ou faz parte e perguntar-se:

- De que forma se dava ou se dão as relações de produção nessa sociedade quando esse conhecimento foi produzido?
- Que idéias nela dominavam ou dominam?
- Que trajetória o cientista/pesquisador desenvolveu na construção científica?

Considerar o contexto histórico, então, requer considerar as idéias de um cientista à luz do seu tempo e não limitar-se a contar histórias ou lendas.

Discutir a construção do saber científico como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época pode auxiliar o educador a apresentá-la de maneira crítica aos seus alunos e contribuir para transpor os conhecimentos científicos para a sala de aula. Conhecer uma proposta alternativa àquela trazida pelos livros didáticos fornece ao professor um embasamento útil para esse desafio (FORATO In: SILVA, 2006, p. 192).

O professor de Física deve aliar um sólido conhecimento científico com conhecimentos de outra natureza, tais como: didática e pedagogia, história e filosofia, dentre outros. A integração desses conhecimentos poderá contribuir para um ensino coerente e interdisciplinar.

A ciência busca construir um mundo e não descrevê-lo, ou seja, a produção científica não é uma cópia fiel do mundo ou da realidade perceptível pelo senso comum, mas uma construção racional da mente humana e é uma aproximação daquilo que os físicos

entendem ser o comportamento da natureza. Assim,

- o processo de ensino-aprendizagem, em Física, deve partir do conhecimento trazido pelos estudantes, fruto de suas experiências de vida em seu contexto social. Interessam em especial as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes que influenciam a aprendizagem de conceitos do ponto de vista científico;
- a experimentação no ensino de Física é importante se entendida como metodologia de ensino que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos porque proporciona melhor interação entre professor e estudantes e entre grupos de estudantes e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar;
- saber Matemática não pode ser considerado um pré-requisito para aprender Física, ainda que a linguagem matemática seja, por excelência, uma ferramenta para essa disciplina. É preciso que os estudantes se apropriem do conhecimento físico, daí a ênfase aos aspectos conceituais sem, no entanto, descartar o formalismo matemático.

Ao levar em conta o conhecimento prévio dos estudantes, o professor deve considerar que a ciência atual rompe com o imediato, o perceptível, o que pode ser tocado e, que para adentrar ao mundo da ciência, é preciso um processo de enculturação no qual o estudante apropria-se das teorias científicas.

Esse rompimento tem que começar em relação ao real imediato. Para o senso comum, a realidade é aquilo que pode ser tocado, manejado; mas, para aprender o conhecimento científico atual é necessária a ruptura com essa realidade imediata e adentrar num mundo onde o real é uma construção e não se constitui num mundo dado (CARVALHO FILHO, 2006, p. 4).

O processo de ensino e aprendizagem dos estudantes somente é possível através da interação com o professor, detentor do conhecimento físico. Nestas diretrizes recoloca-se o professor no centro do trabalho pedagógico como o sujeito indispensável nesse processo⁹.

Ao propor um currículo de Física para o Ensino Médio, deve-se ir além do domínio dos aparatos tecnológicos para que não haja prejuízo na abordagem dos conteúdos científicos, históricos e filosóficos. Dessa forma, a educação científica, indispensável à participação política, deve capacitar os estudantes para uma atuação social e histórico-crítica sob o horizonte de transformação de sua vida e do meio que o cerca.

Esta proposta político-pedagógica implica que o ensino de Física aborde os fenômenos físicos sob ênfase qualitativa, como uma ciência em construção, porém, sem perder a consistência teórica. Ainda, é importante compreender a evolução dos sistemas físicos, suas aplicações possíveis e suas influências na sociedade, destacando-se a não-

⁹ A Teoria Sócio Histórica, de Vigotski, traz uma importante contribuição pedagógica ao resgatar a função pedagógica do professor, colocando-o no centro do trabalho pedagógico, isto é, no controle do processo de ensino e aprendizagem. Ver Vigotski, 2000.

neutralidade da produção científica.

3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES

Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos que compõem os campos de estudo da Física na escola. Esses conteúdos fundamentam a abordagem pedagógica dos conteúdos específicos, de forma que o estudante compreenda o objeto de estudo e o papel dessa disciplina no Ensino Médio.

Os conteúdos estruturantes são selecionados na história da ciência e/ou da disciplina escolar e deles derivam os conteúdos específicos que comporão as propostas pedagógicas curriculares das escolas.

Nos fundamentos teórico-metodológicos apresentaram-se, com base em recortes históricos, as três grandes sínteses que compunham o quadro conceitual de referência da Física no final do séc. XIX e início do séc. XX. Essas três sínteses – *Movimento*, *Termodinâmica* e *Eletromagnetismo* – doravante serão denominadas “conteúdos estruturantes” para a disciplina de Física, pois essas teorias compõem campos de estudos da Física e devem organizar os conteúdos curriculares da disciplina da Física no ensino médio.

Na Física, conforme Rocha (2005), a teoria eletromagnética desempenha papel semelhante aos estudos dos movimentos e da termodinâmica. Embora tenham evoluído separadamente, elas são teorias unificadoras: a *mecânica* de Newton, no século XVII, unificou a estática, a dinâmica e a astronomia; a *termodinâmica*, no século XIX, unificou conhecimentos sobre gases, pressão, temperatura e calor e a teoria *eletromagnética*, de Maxwell, unificou o magnetismo, a eletricidade e a ótica.

A enorme quantidade de conteúdos de Ciências Naturais e as oposições que tensionam a atividade docente a partir da bipolaridade “extensão – profundidade” requer, cada vez mais, que estructuremos os conhecimentos de forma a se priorizar as unificações e sínteses, sem negligenciar o papel também fundamental das análises (AUTH; ANGOTTI. In: PIETROCOLA, 2005, p. 198).

Os conteúdos específicos relativos a Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo podem ser aprofundados e contextualizados em relações interdisciplinares¹⁰, sob uma abordagem que contemple os avanços da Física nos últimos anos e suas perspectivas.

Esses conteúdos foram e são importantes para o entendimento de fenômenos físicos ligados ao conhecimento do universo e fazem parte da cultura científica também de nosso tempo, portanto pertencem à humanidade, é um direito dos estudantes conhecê-los e um dever da escola socializá-los.

A abordagem dos conteúdos estruturantes proposta nestas diretrizes é de interdependência. Isso implica, muitas vezes, tratar um conteúdo específico sob os

¹⁰ Sobre os conceitos de contextualização e interdisciplinaridade ver o texto de diretrizes curriculares para a Educação Básica e o manual Folhas para a disciplina de Física. Curitiba: SEED/DEB, 2007.

referenciais teóricos dos três conteúdos estruturantes. Por exemplo, no estudo da luz, considerada a sua dualidade, pode ter um tratamento de partícula, objeto de estudo do movimento, e um tratamento ondulatório, objeto de estudo constituído no eletromagnetismo. No entanto a luz deve ser entendida conceitualmente como objeto (conteúdo) de estudo do eletromagnetismo.

Às vezes um conteúdo é objeto de estudo dos três conteúdos estruturantes. É o caso do princípio da conservação da energia que, embora desenvolvido na termodinâmica, está presente também no estudo de movimento e no eletromagnetismo.

Os conteúdos estruturantes não devem ser hierarquizados. Isto quer dizer que o currículo de Física deve ser composto com conteúdos específicos derivados dos três estruturantes, de forma a garantir uma cultura científica o mais abrangente possível, do ponto de vista da Física.

Ao elaborar a proposta pedagógica curricular, o professor deve considerar a realidade socioeconômica e cultural da região onde se situa a escola para contextualizar os conteúdos e permitir aos estudantes ampliar as construções de significados no acesso ao conhecimento científico.

3.1 MOVIMENTO

No estudo dos movimentos, é indispensável trabalhar as idéias de conservação de *momentum* e energia, pois pressupõe o estudo de simetrias e leis de conservação, em particular, da Lei da Conservação da Energia, desenvolvida nos estudos da termodinâmica, no século XIX e considerada uma das mais importantes leis da física.

A conservação de *momentum* está enraizada na própria concepção de homogeneidade do espaço – simetria de translação no espaço – ao menos do ponto de vista clássico. Além disso, encontra lugar no estudo de colisões ou de eventos em que algum tipo de recuo se manifesta como no caso de colisões entre partículas. A conservação de *momentum* é também um instrumento da Física de partículas, uma importante área da Física moderna ligada à cosmologia e à teoria quântica de campos, pois as colisões são importantes para o estudo do comportamento, constituição e interações de partículas subatômicas (EISBERG, 1979).

Os conceitos de *momentum* e impulso carregam as idéias fundamentais de espaço (posição), tempo e matéria (massa). Um sistema físico que evolui conduz aos conceitos de *momentum* e impulso e é formado por essas entidades – espaço, tempo e massa. Nesse contexto, também são fundamentais os conceitos de referenciais das mecânicas clássica e relativística. Ainda, a concepção de matéria, tanto da mecânica clássica como da mecânica relativística e quântica deve ser considerada porque a própria evolução do conceito de interação depende dessa concepção.

Outro importante conceito a ser trabalhado é o de força, definido a partir da variação temporal da quantidade de movimento, que constitui a segunda lei de Newton. A variação da quantidade de movimento conduz a idéia de impulso, um importante conceito da teoria newtoniana. Para abordar o conceito de força as idéias de matéria e espaço devem estar bem fundamentadas, evitando-se, assim, o risco de reduzi-lo à mera discussão matemática.

O estudo dos fluidos e da mecânica dos fluidos é importante para compreender a evolução das idéias que levaram ao desenvolvimento do conceito de calor. Propõe-se, com esse estudo, uma abordagem macroscópica das propriedades físicas da matéria, da viscosidade de fluidos, bem como do comportamento de superfícies, interfaces e até da estrutura física dos materiais.

Os movimentos oscilatórios também são importantes, porque muitos eventos na natureza apresentam, em algum momento ou aspecto, características ondulatórias. As oscilações aparecem quando o sistema é perturbado e sai de uma posição de equilíbrio estável. Sugere-se o estudo dos movimentos periódicos, oscilações num sistema massa-mola, estudo das ondas, acústica, dentre outros. Para uma descrição adequada do universo, tais efeitos devem ser considerados.

Quando se estende o estudo dos movimentos oscilatórios a sistemas como a *massa-mola*, as possibilidades de exploração de temas atuais são ampliadas. Muitas pesquisas na área do *caos* têm sido realizadas, inclusive no Brasil, de modo que o estudo de oscilações poderia ser usado para a introdução qualitativa deste tema. Muitos sistemas adotados na previsão do tempo, por exemplo, exibem oscilações caóticas.

A instabilidade econômica, a globalização e outras várias questões ligadas ao sistema financeiro levaram algumas corporações a fazer investimentos em pesquisa na área da econofísica, cujo estudo de sistemas caóticos é peça fundamental.

Por sua vez, ao se tratar de redes cristalinas, a física do estado sólido exige conhecimento de movimentos oscilatórios, oportunidade para fazer uma introdução qualitativa a essa proeminente área da Física Moderna.

3.2. TERMODINÂMICA

No campo da termodinâmica, os estudos podem ser desdobrados a partir das Leis da termodinâmica em que aparecem conceitos como temperatura, calor (entendido como energia em trânsito) e as primeiras formulações da conservação de energia, sobretudo os trabalhos de Mayer, Helmholtz, Maxwell e Gibbs.

A Lei Zero da termodinâmica é um bom enfoque para o estudo das noções preliminares de calor como energia em trânsito, equilíbrio térmico, propriedades termométricas e até uma breve discussão sobre medidas de temperatura. O conceito de temperatura deve ser abordado como modelo baseado em propriedades de um material, não

uma mera medida do grau de agitação molecular de um sistema.

A primeira lei da termodinâmica, que também porta a idéia de calor como forma de energia, permite identificar sistemas termodinâmicos postos a realizar trabalho. Os conceitos de calor e trabalho hoje são entendidos como processos de transferência/transformação de energia, ou seja, a energia está diretamente ligada ao trabalho. Destacando-se, mais uma vez, a Lei da Conservação da Energia como uma importante lei da Física.

O estudo da segunda Lei da Termodinâmica é importante para a compreensão das máquinas térmicas, mas vai além, pois conduz ao conceito de entropia. Nem todos os eventos que obedecem à Lei da Conservação da Energia podem, de fato, acontecer, o que se deve à existência de outro princípio natural – os processos espontâneos são irreversíveis, o que colabora para que cresça a desordem do sistema, medida pela entropia.

Ainda no contexto da termodinâmica, recomenda-se a apresentação da teoria cinética, que aplica as leis da mecânica newtoniana a moléculas individuais de um sistema, bem como uma abordagem qualitativa do teorema da equipartição da energia, cujas limitações tiveram papel importante no desenvolvimento da mecânica quântica e da mecânica estatística.

Novamente, o conceito de entropia tem papel importante, pois sua interpretação estatística, apresentada por Boltzmann, fortalece as hipóteses da terceira lei da termodinâmica. Ainda, contribui para a elaboração de idéias dentro da termodinâmica como a da quantização da energia e a consideração de que as moléculas dos sistemas em estudo são numerosas e os valores médios de suas propriedades podem ser calculados, mesmo sem nenhuma informação sobre suas moléculas específicas.

Conforme Chaves (2000), esses estudos, que podem estar ligados à queda de um objeto de uma mesa ou à expansão do universo, manifestam a beleza e a importância da segunda e terceira leis da termodinâmica no desenvolvimento da Física.

3.3. ELETROMAGNETISMO

Historicamente, um dos resultados mais importantes dos trabalhos de Maxwell é a apresentação da luz como uma onda eletromagnética e o estudo das suas equações que levam às quatro leis do eletromagnetismo clássico.

Estudar o eletromagnetismo possibilita compreender carga elétrica, o que pode conduzir a um conceito geral de carga no contexto da física de partículas, ao estudo de campo elétrico e magnético. A variação da quantidade de carga no tempo leva a idéia de corrente elétrica e a variação da corrente no tempo produz campo magnético, o que leva as equações de Maxwell.

O trabalho sobre o eletromagnetismo enseja, ainda, tratar conteúdos relacionados a circuitos elétricos e eletrônicos, responsáveis pela presença da eletricidade e dos aparelhos

eletro-eletrônicos no cotidiano com a presença da eletricidade em nossas casas. Esses temas ainda são objetos de estudo em muitas pesquisas, sejam relativas à tecnologia incorporada aos sistemas produtivos ou aos novos materiais e técnicas. Ao serem abordados na escola é preciso considerar, também, seu papel nas mudanças econômicas e sociais da sociedade contemporânea, bem como o fato de não serem acessíveis para todos.

A teoria elaborada por Maxwell deu à natureza ondulatória da luz uma sólida envergadura teórica. Todavia, trabalhos realizados no final do século XIX e início do século XX, especialmente por Planck e Einstein, levaram ao estabelecimento da natureza corpuscular – os *quanta* da luz – que revelaram a natureza dual da luz.

Para uma abordagem em Física moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico, e a compreensão que a descoberta dos *quanta* de luz deu início à mecânica quântica e a imutabilidade da velocidade luz, como um dos princípios da relatividade.

Tais abordagens no ensino Física contribuem para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas. Ao abordar o conhecimento científico em seus aspectos qualitativos e conceituais, filosóficos e históricos, econômicos e sociais, o ensino de Física contribuirá para a formação de estudantes críticos.

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

É importante que o processo pedagógico, na disciplina de Física, parta do conhecimento prévio dos estudantes, no qual se incluem as concepções alternativas ou concepções espontâneas. O estudante desenvolve suas concepções espontâneas¹¹ sobre os fenômenos físicos no dia-a-dia, na interação com os diversos objetos no seu espaço de convivência e as traz para a escola quando inicia seu processo de aprendizagem.

Por sua vez, a concepção científica envolve um saber socialmente construído e sistematizado, que requer metodologias específicas para ser abordada no ambiente escolar. A escola é, por excelência, o lugar onde se lida com esse conhecimento científico, historicamente produzido.

Porém, uma sala de aula é composta de pessoas com diferentes costumes, tradições, pré-conceitos e idéias que dependem de sua origem cultural e social, dessa forma esse ponto de partida deve ser considerado.

Por isso, o conhecimento deve-se processar contra um conhecimento anterior. Na realidade, toda aquisição de conhecimento deve superar um conhecimento pré-existente, que pode funcionar como obstáculo à aquisição do novo saber. A cristalização de verdades revela-se como impedimentos ao avanço do saber, [pois] a crença em uma verdade definitiva não é uma vantagem para o avanço da ciência, porque se torna um grave entrave, por impedir o aparecimento de idéias e conceitos que neguem o saber estabelecido.

O tratamento dado, pelo professor, ao conhecimento existente e prévio dos estudantes deve ser bastante relativizado, para permitir a aquisição dos novos. O professor deve, na realidade, trabalhar a formação de seus alunos de tal modo que os leve a perceberem que não há um conhecimento definitivo e que o saber que eles trazem não se constitui numa verdade pronta e acabada, mas que pode funcionar como uma barreira a formulações de novos saberes (CARVALHO FILHO, 2006, p. 12).

No trabalho com os conteúdos de ensino, seja qual for a metodologia escolhida, é importante que o professor considere o que os estudantes conhecem a respeito do tema para que ocorra uma aprendizagem significativa¹².

Em outros termos: é para problematizar o conhecimento já construído pelo aluno que ele deve ser apreendido pelo professor; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico (DELIZOICOV. In: PIETROCOLA, 2005, p.132).

Como poderiam os estudantes formular questões sobre algo que não conhecem? Ou ainda, como eles podem explicitar questões que os inquietam, mas não sabem como

¹¹ Ver: Mortimer (1996); Nardi (1998, 2003, 2004) Pietrocola (2005); Vigotski (2001); Villani (2001); dentre outros.

¹² A aprendizagem significativa é aquela que ocorre de maneira não mecânica ou arbitrária e fica disponível para ser utilizada em outras situações semelhantes às realizadas em sala de aula a elas relacionadas. A teoria da Aprendizagem Significativa é de David Ausubel. No Brasil temos como um dos responsáveis pela teoria da Aprendizagem Significativa o professor Marco Antonio Moreira. Ver: Moreira (1999), Tavares (2004), Cordeiro (2003).

perguntar? Nesses casos, torna-se imprescindível que o professor cumpra a função de uma espécie de “informante científico”¹³. Para ir além do limite da informação e atingir a fronteira da formação, é preciso uma mediação não-aleatória, feita pelo conhecimento físico, num processo organizado e sistematizado pelo professor.

As construções dos estudantes são modelos que tentam descrever o real, aproximando-se de uma ciência aristotélica. No entanto,

percebe-se que a produção do conhecimento atual produz uma ruptura com o conhecimento vulgar e o professor deve ensinar ciências, na perspectiva da ciência, destacando o modelo de formulação do saber e procurando desenvolver metodologias que levem os estudantes a desligarem-se dos conhecimentos que trouxeram para a sala de aula (CARVALHO FILHO, 2006, p. 8).

O professor deve mostrar ao estudante que o seu conhecimento não está pronto e acabado, mas que deve ser superado. Muitas das idéias dos estudantes já foram consideradas pelos cientistas, pois também o conhecimento científico não se constitui em uma verdade absoluta e definitiva. A História, Filosofia e Epistemologia da Física podem ajudar o professor neste trabalho, pois propiciam uma maior compreensão dos processos científicos.

Tem-se por objetivo que professor e estudantes compartilhem significados na busca da aprendizagem que ocorre quando novas informações interagem com o conhecimento prévio do sujeito e, simultaneamente, adicionam, diferenciam, integram, modificam e enriquecem o saber já existente, inclusive com a possibilidade de substituí-lo.

Para Tavares (2004), a partir do conhecimento físico, o estudante deve ser capaz de perceber e aprender, em outras circunstâncias semelhantes às trabalhadas em aula, para apropriar-se da nova informação e transformá-la em conhecimento. Então, qualquer que seja a metodologia, o professor deve buscar uma avaliação cujo sentido seja verificar a apropriação do respectivo conteúdo, para posteriores intervenções ou mudança de postura metodológica.

4.1 O PAPEL DOS LIVROS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Os livros didáticos de Física dirigidos ao Ensino Médio, de uma maneira geral, apresentam um discurso que mostra a Física como uma ciência que permite compreender uma imensidade de fenômenos naturais, indispensável para a formação profissional, a preparação para o vestibular, a compreensão e interpretação do mundo pelos sujeitos.

No entanto, neles a ênfase recai nos aspectos quantitativos em prejuízo dos qualitativos e conceituais, privilegiando a resolução de “problemas de física” que se

¹³ O “informante científico” detém o conhecimento dos conteúdos, mas também a competência metodológica e o conhecimento do contexto escolar. Por isso, esse é o papel do professor.

traduzem em aplicações de fórmulas matemáticas e contribuem para consolidar uma metodologia de ensino centrada na resolução de exercícios matemáticos. Isso porque, esses livros, salvo raras exceções, reproduzem os livros utilizados nos cursos de graduação, responsáveis pela formação inicial da maioria dos docentes de Física.

Nessa perspectiva, "(...) via de regra, os conteúdos acabam por ser desenvolvidos como se estabelecessem relações com eles mesmos, sendo desconsideradas as diversas relações com outros tópicos da própria Física e de outros campos de conhecimento" (GARCIA et al, 2001, p. 138).

Além disso, essa prática pedagógica mistifica a ciência ao mostrar os modelos científicos – elaborações da mente humana válidas para alguns contextos –, como verdades incontestáveis e absolutas, resultantes de procedimentos experimentais. Isso pode levar o estudante

(...) a ter uma idéia distorcida do que é a Física e quase sempre ao desinteresse pela matéria. Os estudantes devem ser levados a perceber que os modelos dos quais os pesquisadores lançam mão para descrever a natureza são aproximações válidas em determinados contextos, mas que não constituem uma verdade absoluta. Muitas vezes idéias como as de partícula, gás ideal, queda livre, potencial elétrico e muitas outras são apresentadas sem nenhuma referência à realidade que representam, levando o estudante a julgá-los sem utilidade prática. Outras vezes modelos como o de um raio luminoso, de átomo, de campo, de onda eletromagnética, etc., são apresentados como se fossem entes reais (ALVARES, 1991, p. 42).

Tendo em vista que "(...) um número elevado dos estudantes brasileiros, ou, não tem acesso aos estudos superiores, ou, segue cursos para os quais a Física não tem caráter propedêutico" (ALVARES, 1991, p. 25), ao sair do ensino médio, devem ter acesso à compreensão conceitual e ao formalismo próprio deste campo do conhecimento, essencial para o desenvolvimento de uma cultura científica. Daí a necessidade da revisão das práticas pedagógicas.

A história do ensino de Física mostra que, efetivamente, pouco se alterou no cenário desse ensino desde a sua implantação.

(...) Hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, mas sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos atrás: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas utilizando metodologias voltadas para a resolução de exercícios algébricos. Questões voltadas para o processo de formação dos indivíduos dentro de uma perspectiva mais histórica, social, ética, cultural, permanecem afastadas do cotidiano escolar, sendo encontradas apenas nos textos de periódicos relacionados ao ensino de Física, não apresentando um elo com o ambiente escolar" (ROSA & ROSA, 2005, p. 6).

O livro didático é uma importante ferramenta pedagógica a serviço do professor como é o computador, a televisão, a rede web, etc. Mas, sua eficiência, assim como a de

outras ferramentas, está associada ao controle do trabalho pedagógico, responsabilidade do professor. Em outras palavras, o pedagogo do livro deve ser o professor e não o contrário. O professor é quem sabe quando e como utilizar o livro didático.

Por isso estas diretrizes assumem a pesquisa como parte integrante do processo educativo acreditando que apenas com o conhecimento advindo dela, o professor pode ser autônomo e ocupar o centro do processo de ensino e aprendizagem. “A importância da escola está na possibilidade de realizar a dupla face da pesquisa: apetrechar tecnicamente para fundar competência tecnológica e fazer pensar e se repensar na linha de transformação” (BARRETO, 2007, p. 6), o que é plausível quando o professor pode ir além das possibilidades apresentadas por um livro, qualquer que seja ele.

4.2. OS MODELOS CIENTÍFICOS E O ENSINO DE FÍSICA

A Ciência surge na tentativa de decifrar o universo físico e é determinada pela necessidade humana de resolver problemas e demandas materiais nas diversas épocas, por isso é histórica e contribui para a formação de uma visão de mundo.

Essa visão de mundo se expressa num modelo que busca representar o real, sob a forma de conceitos e definições, ao buscar descrever e explicar seus objetos de estudo por leis universais, amparado em teorias aceitas por uma comunidade científica, mediante rigoroso processo de validação, em que se estabelece “uma verdade” sobre o objeto.

O fazer ciência está, em geral, associado a dois tipos de trabalhos: um teórico e um experimental. Em ambos, o objetivo é estabelecer um “modelo” de representação da natureza ou de um fenômeno. No teórico, é feito um conjunto de hipóteses, acompanhadas de um formalismo matemático, cujo conjunto de equações deve permitir que se façam previsões, podendo, às vezes, receber o apoio de experimentos em que se confrontam os dados coletados com os previstos pela teoria.

O princípio da ciência, quase por sua definição, é: *O teste de todo conhecimento é a experiência*. A experiência é o único juiz da “verdade” científica. Mas qual é a fonte do conhecimento? De onde provêm as leis a serem testadas? A própria experiência ajuda a produzir essas leis, no sentido em que nos fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações – para descobrir os padrões maravilhosos, simples, mas muito estranho por baixo delas e, depois, experimentar para verificar de novo se fizemos a descoberta certa. Esse processo de imaginar é tão difícil que há uma divisão de trabalho na física: existem físicos *teóricos* que imaginam, deduzem e descobrem as novas leis, mas não experimentam; e físicos *experimentais* que experimentam, imaginam e deduzem (FEYNMAN, 2004, p. 36).

Existem modelos que se sustentam teoricamente pela impossibilidade de serem testados, pois dependem de recursos e tecnologias que ainda não foram desenvolvidas. Alguns trabalhos desenvolvem-se experimentalmente antes de uma estrutura teórica.

Nessas circunstâncias, os dados coletados podem servir para aproximação de modelos teóricos.

Entender os modelos científicos, suas possibilidades e limitações, pode ajudar os docentes de Física a extrapolar o senso comum levando-os à rejeição do argumento de que para aprender Física o pré-requisito é saber Matemática.

Isso evitaria que os estudantes entendessem as expressões matemáticas como uma mera quantização de um fenômeno físico. Essa consideração é importante, pois, em muitas situações, os fenômenos físicos são ensinados a partir de fórmulas. Por exemplo: ainda hoje, no estudo dos movimentos, há um excesso de atenção às questões da engenharia, as mesmas questões presentes nos primeiros manuais de Física utilizados no Brasil e que se destinavam principalmente à formação de engenheiros. Provavelmente, cada professor já estudou a lei da ação e reação de Newton e, portanto, teve de resolver problemas cujo começo era mais ou menos assim:

- “Considere um bloco de massa m suspenso por um guindaste... Calcule...”;
- “Considere dois blocos de concreto de massa m_1 e m_2 sobre uma superfície lisa e sem atrito... Resolva...”; ou
- “Considere duas massas m_1 e m_2 suspensas por uma polia sem massa e sem atrito... Calcule...”.

Se estes problemas eram distantes da realidade do professor quando estudante, também o são, hoje, do cotidiano dos nossos alunos. Continuar com esta prática pedagógica contribui para uma idéia distorcida da disciplina. Problemas de Física parecidos com os exemplificados acima podem ser propostos; contudo, é preciso discutir esses modelos: o que significa uma superfície sem atrito; ou o que significa uma polia sem massa e sem atrito?

Quando se estuda o lançamento de projéteis, conteúdo específico de movimentos, diz-se que sua trajetória é uma parábola e considera-se que o movimento na horizontal é Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU), que traz implícita a idéia de Terra plana, uma vez que consideramos um intervalo de tempo infinitamente pequeno.

Na vertical, considera-se o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), o que significa considerar que a força peso é constante – aceleração da gravidade constante. Esse modelo também desconsidera a influência da força de resistência do ar. No entanto, somente é válido pelas idéias nele implícitas; isto é, força de resistência do ar nula, a Terra plana e a força peso constante. Quais são, entretanto, os limites de validade do sistema?

O modelo em questão é válido porque para altitudes menores que 6500Km (raio da Terra) a Força Peso pode ser considerada constante e porque, na linha do horizonte de nossa visão, a Terra se apresenta como se fosse plana. A Resistência pode ser

desconsiderada porque, nesse caso, a velocidade é pequena. Então, o modelo pode ser usado, mas deve-se discutir com os alunos suas considerações, que não são válidas para todo movimento de projétil.

Ao tratar da eletrização por contato, é usado o modelo de esferas eletrizadas ou não, postas em contato. Por que esferas? O modelo traz imbuído o conhecimento do “poder das pontas”, motivo pelo qual se utiliza as esferas.

Para que o estudante tenha uma visão mais abrangente do universo, é preciso indicar-lhe que as fórmulas matemáticas representam modelos, os quais são elaborações humanas criadas para entender determinado fenômeno ou evento físico. Esses modelos são válidos para alguns contextos, não para todos. Ou seja, eles abrangem uma região e têm um prazo de validade que termina quando a teoria não consegue explicar fatos novos que podem surgir. Portanto, não é suficiente propor questões como: considere, suponha, resolva e calcule.

Mesmo em tecnologias sofisticadas para cálculos como, por exemplo, da órbita da Lua, na Física, não se pode afirmar que elas suscitem resultados exatos. Fazem-se necessárias aproximações, pois, na construção do modelo divide-se o problema em duas partes: pequena e simples. A pequena pode ser desconsiderada ou seu efeito minimizado e a simples pode ser resolvida.

Os modelos científicos são uma construção humana, muitas vezes são provisórios. Por exemplo, o modelo de átomo considerado inicialmente como a menor partícula da matéria foi surpreendido, em 1897, com um fato novo: o átomo é composto por partículas ainda menores, ou seja, deixou de ser visto como a partícula elementar da matéria. Fatos novos continuariam surgindo de modo que, hoje, já existe outro modelo, porque se sabe que as partículas formadoras do átomo são compostas por outras partículas.

Mas é preciso cuidado, pois nem sempre um modelo descarta o outro. Por exemplo, quando estamos no âmbito da Física Clássica, o modelo do átomo de Bohr é suficiente. Por outro lado, no âmbito da Física de Partículas, esse modelo não é aconselhável por estar impregnado de idéias clássicas, mas sim o de Sommerfeld. Ou seja, um modelo simplificado pode permitir a resolução de problemas mais simples.

Um químico que possua uma sólida cultura quântica não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria das equações químicas não é necessário mais do que que essa visão simplificada do átomo daltoniano (MORTIMER, 2005, p. 6).

Da mesma forma, não é preciso utilizar o modelo da relatividade para analisar movimentos simples como a trajetória de uma bicicleta ou de uma bola de futebol. Entretanto, os conceitos pertinentes a esse modelo são necessários para acompanhar a

trajetória de um avião de grande porte ou estudar o movimento de uma partícula em alta velocidade.

Às vezes, um determinado conceito pode ser formulado de diferentes maneiras dependendo do quadro conceitual do qual ele faz parte ou do fenômeno apresentado pelo conceito que se quer estudá-lo.

A luz, por exemplo, pode ser definida como aquilo que é emitido por uma fonte material e pode explicar eventos de reflexão e refração do ponto de vista da Óptica Geométrica. Já para a Óptica Física, ela passa a ser definida como constituída de radiações eletromagnéticas e, nesse caso, pode explicar efeitos como a sua decomposição em um espectro, a difração e a polarização (PINHEIRO; PIETROCOLA; ALVES. In: PIETROCOLA, 2005, p. 35).

O conhecimento físico está estruturado em torno de conceitos, leis, teorias, convenções aceitas pela comunidade científica, na maioria das vezes expresso por modelos matemáticos, os quais possibilitam a expressão das idéias científicas em linguagem universal. No entanto, é preciso tomar cuidado, pois a Matemática

(...) está presente na atividade científica tanto no seu processo quanto no seu produto, seja na definição de um conceito, seja na articulação entre os elementos de uma teoria científica. Entretanto, a aparente simplicidade da estruturação do conhecimento científico pode transmitir a impressão de que os modelos matemáticos são meros mecanismos de quantificação de grandezas físicas (PINHEIRO; PIETROCOLA; ALVES. In: PIETROCOLA, 2005, p. 36).

Ao usar um modelo, é preciso propiciar aos estudantes condições para que contemplem a beleza e a elegância das teorias físicas. Ao estudar gravitação sob o modelo de Newton, em que a força varia com o inverso do quadrado da distância, numa equação que considera a massa, o aluno deve perceber não apenas uma equação matemática, em que basta colocar alguns dados para obter uma resposta, mas um resultado que sintetize uma concepção de espaço, matéria e movimento, desde que o homem se interessou pelo estudo dos movimentos, movido pela necessidade ou pela curiosidade, até a sistematização realizada por Newton.

4.2.1 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Sabe-se da importância da linguagem matemática na Física, mas os modelos criados quase sempre são escritos pelos cientistas para seus pares. Falar com estudantes é diferente; é preciso levar em conta seu grau cognitivo, o meio social onde ele está inserido dentre outras coisas. Isso permitirá definir um método de abordagem pedagógica para que o estudante chegue ao conhecimento científico.

O professor pode e deve utilizar problemas matemáticos no ensino de Física, mas entende-se que a resolução de problemas deve permitir que o estudante elabore hipóteses

além das solicitadas pelo exercício e que extrapole a simples substituição de um valor para obter um valor numérico de grandeza.

Isso pode ser obtido através da resolução literal em contraponto a resolução matemática. Ou seja, primeiro o estudante deve encontrar a relação entre todas as grandezas físicas envolvidas - uma expressão matemática literal para depois buscar um valor.

A substituição dos dados numéricos por “dados literais” (letras que representam as grandezas envolvidas) em um bom número de situações-problema tradicionalmente propostas ao aluno e nos exemplos discutidos em sala de aula é condição indispensável para que o estudante assimile e ponha em prática uma metodologia mais eficiente e produtiva na abordagem de problemas (PEDUZZI; PEDUZZI. In: PIETROCOLA; 2005, p. 104).

Por exemplo, num problema que trate um bloco de massa m suspenso por um guindaste, primeiro o estudante teria que fazer o levantamento de todas as grandezas envolvidas, nomeando-as com uma letra. Depois encontraria a expressão matemática que relacione estas grandezas de forma geral. Em seguida, levantaria as diversas possibilidades para o problema incluindo casos particulares, que, dentre outros, poderiam ser:

- Supondo que o guindaste conseguisse manter o bloco suspenso, que força o guindaste deveria exercer sobre ele?
- Estando o corpo de massa m suspenso a uma altura h do solo, caso fosse solto pelo guindaste com que velocidade cairia no solo? E, com que aceleração o bloco cairia no solo?

Somente após essas análises se recorreria ao cálculo matemático. Esse encaminhamento pode contribuir para que o estudante não disponha apenas de fórmulas matemáticas, mas que perceba nelas uma teoria física permitindo um envolvimento maior com essas teorias e, por conseqüência, uma aprendizagem muito mais significativa.

4.3 SOBRE O USO DA HISTÓRIA NO ENSINO DE FÍSICA

A História da Ciência contribui para dois importantes aspectos da formação do professor, conforme Martins (1990): sua competência científica, isto é, o domínio dos conteúdos que leciona; e sua competência didática, que contribui para que ele tenha uma concepção de ciência para além do resultado nas aulas, em que, muitas vezes, transmitem-se doutrinas e não se propicia o ensino de ciência, ao negá-la como construção humana.

Considera-se que a História da Ciência faz parte de um quadro muito mais amplo que é a História da Humanidade. Dessa forma, interessa uma História que mostre a

evolução das idéias e conceitos em Física, caminho quase sempre não-linear, de erros e acertos, avanços e retrocessos típicos de um objeto essencialmente humano, que é a produção científica (história interna da Física).

Essa história deve, também, mostrar a não-neutralidade da produção científica, suas relações externas, sua interdependência com os sistemas produtivos, enfim, os aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais desta ciência (história externa à Física). O que se propõe é que o professor agregue ao planejamento de suas aulas, a História da Ciência para contextualizar a produção do conhecimento em estudo.

Muitas são as defesas a favor da História da Ciência, tanto em relação à formação do docente quanto ao ensino escolar, pois:

- é um pré-requisito para o estudo da Filosofia da Ciência, a Metodologia Científica e, estudos sobre Política Científica e Tecnológica, dentre outros (MARTINS, 1990);
- alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha ao da religião, ligando paradigmas a dogmas e sociedades científicas a seitas (NEVES, 1998, p. 75). O professor de uma ciência não transmite aos seus alunos apenas os conteúdos (resultados) dessa ciência, mas também (consciente ou inconscientemente) uma concepção do que é Ciência. O conhecimento sobre a natureza da pesquisa científica só pode ser adquirido de duas formas: ou pela prática da pesquisa e contato com cientistas ou pelo estudo da História da Ciência (MARTINS, 1990);
- entende-se que uma abordagem histórica dos conteúdos se apresenta útil e rica porque auxilia os sujeitos a reconhecerem a ciência como construção humana, o que pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível aproximando a ciência do estudante (MATHEUS, 1995);
- o uso adequado de alguns episódios históricos permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento formando uma visão da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e para a desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto negar o seu valor (MARTINS. In: SILVA, 2006, p. xviii);
- o ensino das ciências possibilita aos estudantes a percepção de como as teorias atualmente aceitas evoluíram em consequência de uma atividade humana coletiva; desenvolvida num contexto sócio-histórico-cultural e, dessa forma, apreciar o significado cultural e a validação dos princípios e teorias científicas à luz dos tempos em que foram aceitas. Ainda, a oportunidade de refletir sobre o passado para ajudar os estudantes a compreender o presente e se prepararem para enfrentar o futuro, numa sociedade científica e tecnologicamente avançada como, cada vez mais, é a que estamos vivendo (SEQUEIRA; LEITE, 1998, p. 157).

Outro fator importante é que muitas concepções espontâneas dos estudantes, relacionadas ao conhecimento científico, encontram paralelo na História da Ciência. Por exemplo, pesquisas mostram que estudantes consideram a temperatura uma medida do quente e do frio; e o calor como uma substância presente nos corpos. Isso remete à teoria do calórico, presente ainda no século XVIII, quando se buscava uma compreensão para a ciência do calor, na termodinâmica. Da mesma forma, observa-se que algumas idéias relacionadas ao estudo de forças remetem aos tempos aristotélicos, quando se pensava que o movimento acontecia enquanto havia uma força impressa.

Nesse caso, conhecendo as idéias dos estudantes e a História da Ciência, o professor terá melhor compreensão a respeito dos modelos trazidos por eles, respeitand-os e ajudando-os na formação do conceito científico.

Se um dos objetivos do uso da História é humanizar a ciência e aproximá-la do estudante, pede-se uma atenção especial aos tipos de história descritos abaixo e que devem ser evitados em uma aula de Física:

- A História dos grandes físicos ou cientistas que, a partir de uma sacada genial, mudaram a História da humanidade. Ou, as histórias dos físicos que se apoiaram nos ombros de gigantes que o precederam;
- Algumas curiosidades, consideradas como motivadoras do ensino, como, por exemplo, a descoberta da gravidade por Newton a partir da queda da maçã ou, a Lei do Empuxo descoberta por Arquimedes durante um banho.
- A História como autoridade: Newton pensou assim e não há mais espaço para a mudança. Cabe ao estudante tão somente aceitar.

Essas “histórias” reforçam a idéia de que a ciência é construída por grandes gênios, como se fosse um efeito dominó, cada um superando o anterior. A evolução da ciência é um trabalho coletivo e gradual; não é individual e instantâneo (MARTINS, 2005, p. 28). Tal concepção de História apresenta uma visão distorcida da evolução das teorias e reforça as idéias de genialidade e de acaso como fundadoras do conhecimento científico.

As considerações expostas a respeito da História da Ciência, ao serem incorporadas ao planejamento pedagógico docente, podem ajudar o estudante a compreender que a busca do conhecimento físico não foi e não é um caminho de direção única, tampouco linear, mas repleto de dúvidas, contradições, erros e acertos, motivado por interesses diversos.

4.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Existem muitas pesquisas¹⁴ no ensino de Física sobre a experimentação. Os resultados são unânimes em considerar a importância dessa prática para melhorar a compreensão acerca dos fenômenos físicos. No entanto, a maioria dos cursos que adotam essa metodologia de ensino recorre a uma espécie de receituário composto por: uma breve introdução sobre o assunto, os objetivos da experiência, procedimento experimental e material necessário para a realização da experiência.

Exige-se, então, do estudante, um relatório dos dados coletados, postos no receituário, com gráficos, tabelas, e uma conclusão, conforme a teoria que foi base para a experiência. Não raramente é solicitada a margem de erro que não deve ser superior a um valor previamente estipulado. Ou seja, ainda pode ocorrer o engano de supor que a Ciência seja uma verdade absoluta, que não cabe ao estudante questioná-la e que lhe resta somente aceitá-la. Essa é uma visão tradicionalista que deve ser superada.

É fato que, por vezes, o conhecimento científico evolui na medida em que suas hipóteses são confirmadas por evidências experimentais. Em 1887, Albert Michelson e Edward Morley realizaram uma experiência, cujo objetivo era estudar o movimento da Terra em relação ao referencial do éter e medir a velocidade da luz em duas direções perpendiculares a partir de um sistema de referência fixo na Terra. Esperava-se detectar uma diferença na velocidade da luz em relação a um observador que, estando na Terra, também estaria em movimento em relação ao éter. A experiência mostrou que a velocidade da luz tinha o mesmo valor independentemente do referencial.

Essa experiência foi uma lição: mostrou que o trabalho experimental não serve apenas para verificar um modelo, mas, se for preciso, apontar suas limitações e ajudar no desenvolvimento de outro modelo.

É esse o espírito do trabalho experimental que se propõe: um ensino que vise à formação de um cidadão crítico, capaz de se inserir no mundo da ciência e avaliar alternativas de ação de maneira crítica e independente.

Axt (1991) defende a idéia dos ambientes de laboratório como locais de confrontação de hipóteses e demarcação dos limites de validade dessas hipóteses, de modo que a atividade experimental não seja meramente verificatória. Assim, segundo esse autor, aproxima-se o ensino das características do trabalho científico.

Os experimentos podem suscitar a compreensão de conceitos ou a percepção da relação de um conceito com alguma idéia anteriormente discutida. Neste último caso, a atividade experimental precisa contribuir para que o estudante perceba, além da teoria, as limitações que esta pode ter. Ainda, privilegiam o confronto entre as concepções prévias do estudante e a concepção científica, o que pode facilitar a formação de um conceito científico. Mesmo as dificuldades e os erros decorrentes das experiências de laboratório devem contribuir para uma reflexão dos estudantes em torno do estudo da ciência.

¹⁴Ver: Axt (1991); Dias (2004); Nardi (1998); Ramos & Ferreira (1993).

Propõem-se, então, ir além do mais tradicional objetivo de uma aula experimental, que é unicamente comprovar leis e teorias científicas, o que reduz essa aula a atividades tão somente verificatórias com a necessidade de preparação prévia e adequada dos diversos materiais e equipamentos envolvidos no experimento. Nessa abordagem reducionista, os estudantes podem adequar os dados coletados ao resultado esperado, aquele previsto pela teoria. No entanto, adequar dados à realidade não é fazer ciência.

A atividade experimental privilegia as interações dos sujeitos da aprendizagem entre os estudantes e entre eles e o professor. Ao se relacionarem entre si, as possibilidades de debates e discussões se intensificam aproximando os sujeitos e facilitando a criação, a análise, a formulação de conceitos, o desenvolvimento de idéias, a escolha de diferentes caminhos para o encaminhamento da aula, orientados pelo professor.

Quanto ao método postula-se que basta seguir uma seqüência lógica para se chegar, de maneira segura, ao conhecimento científico (MOREIRA ; OSTERMANN, 1993, p. 112):

- observação cuidadosa e repetida diversas vezes;
- formulação de hipóteses para serem testadas com experimento;
- realização de experimento onde se realiza medidas e se coleta dados possíveis de serem codificados em tabelas e gráficos objetivando buscar relações entre grandezas;
- conclusões e estabelecimento de leis e teorias científicas.

De fato, essa seqüência faz parte do trabalho científico, mas não se deve esquecer que a atividade do cientista é essencialmente humana e, por isso, não pode ficar aprisionada indefinidamente a uma receita pronta.

Os cientistas utilizam métodos, mas isso não significa que haja um método científico que determine exatamente como fazer para produzir conhecimento. O laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas hipóteses sobre fenômenos, para que planejem suas ações, e as executem, de modo a produzir resultados dignos de confiança. Para que isso seja efetivo, devem-se programar atividades de explicitação dessas hipóteses antes da realização das atividades (BORGES. In: STUART; ZYLBERSZTAJN, 2006, p. 36).

Limitar-se tão somente as etapas do método, desprivilegia os conceitos e desconsidera que as observações, embora sejam procedimento do método científico, não são neutras e se amparam no referencial do pesquisador. Um pesquisador pode observar a partir de um conhecimento científico já validado, ou, no caso do estudante, de um conhecimento científico por ele estudado e/ou a partir de suas concepções alternativas.

É preciso considerar ainda que na sua atividade prática os cientistas erram e acertam, avançam e retrocedem, testam algumas de suas hipóteses ou deixam de testá-las pela impossibilidade técnica. Ora acreditam e se entusiasмам, ora deprimem-se. Enfim,

comportam-se como alguém que faz parte de uma atividade humana, que é a construção do conhecimento científico.

Outro aspecto a considerar é que uma experiência que permite a manipulação de materiais pelos estudantes ou uma demonstração experimental, pelo professor, nem sempre está associada a um aparato sofisticado, mas à sua organização, discussão e reflexão, o que propicia interpretar os fenômenos físicos e trocar informações durante a aula.

Uma diversidade de aparatos experimentais pode ser construída na própria escola e, até mesmo pelos estudantes orientados pelo professor. No entanto, é fundamental para a prática experimental, a presença constante de materiais e equipamentos que atendam a grupos pequenos para facilitar a interação entre eles. São necessários: balanças, trenas, cronômetros, termômetros, suportes metálicos, molas e massas aferidas, dinamômetros, lentes, prismas, irmãs, instrumentos de medidas (multímetro, por exemplo), fontes de corrente e tensão, fontes de luz, reagentes, frascos, materiais elétricos, ferramentas e, outros que o planejamento do professor exigir.

Por último, reafirma-se a lição de Michelson e Morley: as atividades em espaços de laboratório não devem ter como meta a apresentação de uma ciência fechada, que está à espera de alguém que confirme suas verdades, mas que seja um ambiente de confrontação de hipóteses. Acredita-se que a experimentação pode ser mais um componente, não o único, na implementação de uma proposta de ensino centrada no conhecimento.

4.5 LEITURAS CIENTÍFICAS E ENSINO DE FÍSICA

Os pesquisadores em educação¹⁵ há algum tempo consideram o uso de textos no ensino de Física. No entanto, ao trabalhá-los, deve-se tomar alguns cuidados, sobretudo quanto à escolha, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, pois o aluno será o interlocutor nessa proposta da leitura.

O texto não deve ser visto como se todo o conteúdo do processo pedagógico estivesse nele presente, mas como instrumento de mediação entre aluno-aluno e aluno-professor, a fim de que surjam novas questões e discussões. De fato, os leitores não são iguais, carregam em si histórias de vida diferentes e diversas leituras, ou, eventualmente nenhuma a respeito do tema em questão.

Nas aulas de Física, tradicionalmente, tem-se utilizado de algoritmos matemáticos e, às vezes, da experimentação. No entanto, é possível ir além com as leituras em Física. Nesse sentido, Zanetic (1998) distingue dois tipos de famílias de autores: a dos cientistas com veia literária e, a dos escritores com veia científica. Na primeira família ele coloca

¹⁵ Ver: Almeida (1998); Nardi; Almeida (2006); Zanetic (2006), Zanetic (1997). Os dois últimos são textos disponíveis na rede web.

nomes como Giordano Bruno, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein, Niels Bohr, dentre outros (ZANETIC *In*: ALMEIDA E SILVA, 1998).

Sugere-se, então, trazer às aulas de Física textos da obra desses físicos para a formação do leitor crítico, por meio da História da evolução das idéias e conceitos da Física presente nestas obras. Por exemplo, o trabalho em aula com textos de Galileu contribui para o estudante compreender a essência galileana do movimento da queda dos corpos, uma oportunidade para compreender o papel da matemática como linguagem da física.

A utilização de textos literário-científicos de Galileu e Kepler, bem como outros de Newton que sintetizam a visão de mundo apresentadas pelos seus dois percursores, poderá desempenhar duas funções aparentemente opostas: de um lado, favorecer uma compreensão mais abrangente das teorias físicas por aqueles alunos “normalmente” atraídos pela física, a minoria; de outro, permitir que aqueles alunos que “normalmente” são atraídos pela poesia, outra minoria, percebam que a física também tem dimensões que a aproximam da arte (ZANETIC, *In*: ALMEIDA, SILVA, 1998, p. 36).

Despindo-se da idéia de que Literatura é coisa do professor de Língua Portuguesa pode-se também buscar textos dos literatos com veia científica, pois tais leituras podem contribuir para a efetivação da interdisciplinaridade na escola.

Se contemplarmos a necessidade de ir além do conhecimento do senso comum e quisermos romper com os obstáculos epistemológicos, científicos ou não, uma leitura atenta do bosque cultural onde se cruzam os caminhos da ciência e da arte pode ser bastante adequada para construir uma ponte, no ensino de ciência, entre o universo científico e o universo da literatura universal (ZANETIC *In*: ALMEIDA; SILVA, 1998, p. 35-36).

Evidentemente existem muitos autores que produzem textos de divulgação científica em jornais, revistas, livros, e até mesmo na Internet que podem ser utilizados pelo professor em sala de aula. Mas é preciso ter cuidado porque nesses textos, normalmente, encontramos uma falta de entendimento do processo de construção das idéias científicas, muitas vezes apresentando a ciência como “verdade” e, o cientista como o grande gênio, o que não contribui para a formação do espírito científico.

Sobre a divulgação científica em sala de aula, em acordo com Almeida (1998), o trabalho com a leitura é fundamental, mas requer cuidados. Os valores associados à ciência – vantagens e desvantagens –, bem como a correção conceitual nem sempre estão presentes nos textos e cabe ao professor ficar atento na hora de selecionar esse material.

Para tal seleção, o professor deve considerar ainda a realidade social e cultural onde a escola está inserida, sem esquecer que ela é, sobretudo, espaço de trabalho com o conhecimento e que, também, produz o conhecimento escolar. Por isso é preciso lembrar que o texto de divulgação científica não é um elemento isolado, neutro, e informativo, pois,

(...) na sala de aula, ele faz parte da trama de relações complexas que permeiam esse espaço. As concepções, representações e expectativas entre os sujeitos engendram e limitam ações e dizeres, significações e interpretações, portanto leituras e não-leituras (SILVA E ALMEIDA. *In*: ALMEIDA; SILVA, 1998, p. 36).

Quando se faz a opção por tais textos aconselha-se buscar aquele que se aproxime do fazer científico, ainda que com linguagem mais simplificada, nos quais os processos de produção dos saberes divulgados contenham aprofundamento suficiente para permitir um diálogo com o conhecimento científico.

Então, como trabalhar os textos? Eis algumas contribuições:

- ler o texto e apresentá-lo por escrito com questões e dúvidas; ou, ainda, lê-lo para ser discutido em outro momento;
- solicitar aos alunos que tragam textos de sua preferência, de qualquer natureza (jornal, revista, história em quadrinho...) que contemplem um conteúdo definido pelo professor;
- assistir a um filme (exemplo: Apollo 13) de ficção científica e, depois, ler um texto de divulgação científica que aborde o mesmo tema. Esta é uma maneira de estimular o aluno para a leitura;
- fazer uma leitura acompanhada da resolução de problemas qualitativos ou quantitativos.

Por último, o texto não deve ser lido como se fosse um manual. Para isso devem-se evitar perguntas com respostas diretas que não permitam uma reflexão em torno dos saberes divulgados no texto. É importante que as questões propostas despertem o interesse do estudante.

O que mais você gostaria de saber sobre esse assunto? Você concorda ou discorda do autor? Perguntas como essa podem ter o poder de envolver o estudante na leitura, possivelmente pela sua natureza mais pessoal, e podem ser um bom início para uma leitura, da qual não se poderá dizer que é simulada (ALMEIDA; SILVA, 1998, p.67).

Algumas sugestões de literatura

Existem muitos trabalhos disponíveis, inclusive na rede Web, que podem ser aproveitados para estudo, tanto para o professor como para o aluno. Eis algumas indicações:

- **A Física na Escola.** Publicação da Sociedade Brasileira de Física. Disponível em: www.sbfisica.org.br/fne
- **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência.** Publicação da biblioteca eletrônica do Grupo de História e Teoria da Ciência (Unicamp). Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>

- **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Publicação da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.fsc.ufsc.br/ccef/
- **Investigação em Ensino de Ciências.** Publicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm
- **Revista Brasileira de Educação.** Publicação quadrimestral da ANPEd – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação em co-edição com a Editora Autores Associados. Disponível em www.anped.org/rbe/rbe
- **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Publicação da Sociedade Brasileira de Ensino de Física (SBF). Disponível em: www.sbfisica.org.br/rbef
- **Revista Ciência & Ambiente.** Publicação da Universidade federal de Santa Maria (UFSM). Disponível em: www.ufsem.br/cienciaeambiente.
- **Revista Ciência e Educação.** Publicação do programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Unesp, Campus Bauru. Disponível em: www.2fc.unesp.br/cienciaeeducacao/
- **Revista Eletrônica de Ciências.** Publicação do Centro de Divulgação Científica e Cultural. Disponível em: <http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/index.html>
- **Revista Ensaio.** Publicação conjunta do Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) e do Programa de Pós-Graduação da Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio>
- **Revista Novas Tecnologias na Educação – RENOTE.** Publicação da UFRGS/CINTED. Disponível em: www.cinted.ufrgs.br/renote
- **Artigos diversos** estudados para a elaboração destas diretrizes, a maioria disponíveis na rede web.

Ainda, sugere-se consultar a Biblioteca do Professor que mantém um acervo com bons livros, incluindo História e Filosofia da Ciência, além de livros específicos para Física.

4.6 AS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

Convivemos diariamente, professores e estudantes, com aparatos tecnológicos dos mais simples aos mais sofisticados, em nossas casas e no ambiente escolar: retroprojetores, televisores, aparelho de vídeo cassete e DVD, dentre outros. Portanto, não se trata mais de ser a favor ou contra, usar ou não usar, mas de planejar o uso do recurso tecnológico conforme a necessidade, a serviço de uma formação integral dos sujeitos de modo a permitir o acesso, a interação e, também, o controle das tecnologias e de seus efeitos.

Entende-se que

(...) as tecnologias são produtos da ação humana, historicamente construídos, expressando relações sociais das quais dependem, mas que também são influenciados por eles. Os produtos e processos tecnológicos são considerados artefatos sociais e culturais, que carregam consigo relações de poder, intenções e interesses diversos (OLIVEIRA, 2001, p. 101-102).

Desse modo, faz-se necessário uma reflexão crítica do docente quanto ao uso de um recurso tecnológico e a forma de incorporação à sua ação pedagógica. A partir daí se estabelece o uso de um recurso tecnológico em função do conteúdo a ser ministrado e do contexto escolar.

4.6.1. A informática na educação

A presença de laboratórios de informática com acesso à *internet* nas escolas, bem como a chegada de aparelhos de televisão com porta USB para entrada de dados via pendrive, abrem muitas perspectivas para o trabalho docente no ensino de Física.

O uso da *internet*, por exemplo, implica selecionar, escolher, enfim, tomar decisões sobre o que é relevante. Por isso, sempre que o estudante navegar, o professor deve auxiliá-lo, mostrar caminhos para selecionar uma informação considerada segura¹⁶, pois nem todos os textos encontrados nos diversos sítios da *web* podem ser utilizados em sala de aula. Ao navegar na rede encontram-se, também, excelentes imagens para o ensino de Física.

Os computadores podem ser utilizados para se fazer animações, ou seja, representações dos movimentos que nos livros didáticos são representados por figuras estáticas, em apenas duas dimensões, o que pode tornar o fenômeno incompreensível para os estudantes.

Outra situação, que permite ir além das animações, são as simulações. Diferente das animações, as simulações permitem uma interatividade entre o estudante e a máquina e podem ser utilizadas on-line. Entretanto, ao se utilizar de simulações é necessário lembrar que elas são modelos de uma situação real apresentados como realidade virtual.

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p.81).

Estes danos podem ser mais prejudiciais ainda quando as simulações possuem erros. Por isso, ao escolher uma simulação para trabalhar com seus estudantes, o professor deve estar muito atento às limitações desse recurso. Uma simulação é válida quando o

¹⁶ Sobre isso ver: Auth; Angotti. In: Pietrocola, 2005.

experimento não é possível de ser realizado na prática por dificuldades técnicas, falta de equipamentos ou perigo no manuseio.

Outra possibilidade é a utilização de aplicativos, como por exemplo, o editor de texto e planilha eletrônica, desde que haja domínio dos recursos por professores e estudantes. Quando utilizados para edição de textos ou confecção de tabelas e gráficos, podem auxiliar na compreensão de algum conteúdo ou finalização de alguma atividade. No entanto, quando se utiliza aplicativos é necessário tomar cuidado para não confundir uma aula de Física com uma aula de informática.

Qualquer que seja o recurso tecnológico utilizado é preciso que esteja de acordo com o planejamento da disciplina feito pelo professor. O computador, o livro, a TV, o filme, são meramente instrumentos e recursos para o ensino e não substituem o professor.

5 AVALIAÇÃO

A construção do Projeto Político Pedagógico (PPP) pelo estabelecimento de ensino, certamente, ampara-se em teorias pedagógicas que dão direção a esse ensino e, portanto, dá os subsídios ao planejamento desse ensino pelo professor.

A teoria pedagógica dá o norte da prática educativa e o planejamento do ensino faz a medição entre a teoria pedagógica e a prática de ensino na aula. Sem eles, a prática da avaliação escolar não tem sustentação.

Assim, para qualificar a aprendizagem de nossos educandos, importa, de um lado, ter clara a teoria que utilizamos como prática pedagógica, e, de outro, o planejamento de ensino, que estabelecemos como guia para nossa prática de ensinar no decorrer das unidades de ensino do ano letivo. Sem uma clara e consistente teoria pedagógica e sem um satisfatório planejamento de ensino; com sua conseqüente execução, os atos avaliativos serão praticados aleatoriamente, de forma mais arbitrária do que o são em sua própria constituição (LUCKESI, 2004, s/p.).

Dessa forma é a teoria pedagógica que dará suporte para qualificar a avaliação como positiva ou negativa e os caminhos para intervenção. Mas, para isso, é preciso antes de tudo um planejamento do que ensinar (conteúdos), para que ensinar (o que se espera do aluno ao final de cada unidade de conteúdo, a cada ano, ao final do ensino médio) e, qual é a qualidade esperada para esse ensino (que sujeito pretende formar). Ou seja, é preciso que o planejamento leve em conta o conhecimento específico da Física, mas que também considere o ponto de vista político-pedagógico conforme pré-definido pelo estabelecimento de ensino em seu PPP.

Do ponto de vista específico, a avaliação deve levar em conta os pressupostos teóricos adotados nestas Diretrizes Curriculares, ou seja, a apropriação dos conceitos, leis e teorias que compõem o quadro teórico da Física pelos estudantes. Isso pressupõe o acompanhamento constante do progresso do estudante quanto à compreensão dos aspectos históricos, filosóficos e culturais, a evolução das idéias em Física e à não-neutralidade da ciência.

Considerando sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo. Inicialmente é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem no desenvolvimento dos trabalhos. Durante o processo de ensino é preciso identificar os problemas de aprendizagem dos alunos, suas possíveis causas e, as possibilidades de intervenção ou revisão do planejamento pedagógico.

O eixo desloca-se do produto para o processo da aprendizagem, dando elementos para entender e trabalhar o papel do erro na escola; acentua-se o caráter diagnóstico da avaliação; a auto-reflexão do aluno sobre como aprende e o que aprende; a consideração de outras dimensões da avaliação que não são a exclusivamente cognitiva; a interatividade no processo avaliativo (BARRETO, 2007, p. 14).

Embora o sistema de registro da vida escolar do estudante esteja centrado em uma nota para sua aprovação, a avaliação será um instrumento auxiliar a serviço da aprendizagem dos alunos, cuja finalidade é sempre o seu crescimento e sua formação.

A LDB nº 9.394/1996 estabelece, nos Art. 12, parágrafo V e; Art. 13, parágrafos III e IV:

Art. 12. Os estabelecimentos de ensino, respeitadas as normas comuns e as de seu sistema de ensino, terão a incumbência de:

V – prover meios para a recuperação dos alunos de menor rendimento;

(...)

Art. 13. Os docentes incumbir-se-ão de:

III – zelar pela aprendizagem dos alunos;

IV – estabelecer estratégias de recuperação para os alunos de menor rendimento;

(...)

O texto jurídico reforça a avaliação como um instrumento auxiliar do processo pedagógico a ser usado pelos estabelecimentos de ensino e, pelos docentes. Ou seja, trata-se de tomá-la como instrumento para intervir no processo de aprendizagem do estudante, tendo em vista o índice de qualidade desejado.

Zelar pela aprendizagem dos alunos implica ao docente aceitá-los na sua individualidade e diversidade, condição indispensável numa prática pedagógica que seja democrática e inclusiva.

Aceitar o estudante na sua condição significa dar espaço para que ele se faça ouvir, independente da sua condição, permitindo uma relação dialógica com o aluno, sem rotulações – sejam elas verbalizadas ou mesmo em pensamento.

Do ponto de vista da função educacional da escola, a ênfase no processo e nas condições gerais em que é oferecido o ensino se torne condição essencial para que educadores, alunos e as próprias instituições educacionais usufruam do potencial redirecionador da avaliação, no sentido de potencializar condições para um efetivo domínio dos conhecimentos pelos alunos e para uma formação que se estende a outros domínios (BARRETO, 2007, p. 15).

Em outras palavras, reforça-se a idéia de que a avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo, no qual a aprendizagem seja um direito de todos e a escola pública o espaço onde a educação democrática deve acontecer.

A avaliação deve ter um caráter diversificado tanto qualitativo quanto do ponto de vista instrumental. Do ponto de vista quantitativo o professor deve orientar-se pelo estabelecido no regimento escolar, pois participou de sua elaboração.

Quanto aos critérios de avaliação em Física, deve-se verificar:

- a compreensão dos conceitos físicos essencial para o entendimento de uma unidade de ensino e aprendizagem planejada;
- a capacidade de entendimento de um texto (compreensão, análise, síntese, etc.) seja ele literário ou científico, para uma opinião que leve em conta o conteúdo físico;
- na leitura de um texto que não seja de divulgação científica, nos quais os conceitos físicos não estão explicitados, a avaliação pode partir da elaboração de um novo texto pelo estudante, cujos conceitos – espera-se – apareçam com mais transparência;
- a capacidade de elaborar um relatório tendo como referência os conceitos, as leis, enfim as teorias físicas sobre um experimento ou qualquer outro evento que envolva a Física, como por exemplo, uma visita a um Parque de Ciência, dentre outros.

Por exemplo, em uma história em quadrinhos, em que dois personagens jogam bafo, o professor, após ter desenvolvido em suas aulas a Conservação da Quantidade de Movimento, poderia perguntar: “Qual é conteúdo presente nesta história?”, ou “Qual é o tema central dessa história”? Talvez a resposta demore um pouco, mas se o conteúdo estiver bem entendido, nesse caso a conservação, logo o estudante perceberá que algo se conserva: as figurinhas. Ou ainda, numa interdisciplinaridade com Arte ou Língua Portuguesa, a internalização do conceito pode ser verificada numa nova história em quadrinhos escrita pelos estudantes. Esse tipo de atividade avaliativa pode ser adaptado a qualquer texto, seja ele uma reportagem de jornal escrita ou não, um artigo de uma revista científica, ou qualquer outro.

Em uma aula de experimentação pode-se pedir ao estudante um relatório individual com questões abertas que permitam a exposição de suas idéias, levando o estudante a refletir sobre o fenômeno discutido e posto na questão. Se for uma prática demonstrativa; isto é, realizada pelo professor, pode-se pedir ao aluno um relato escrito da experiência que viu, explicando-a. Assim, se terá subsídios para verificar a aprendizagem dos estudantes e obter elementos para interferir no processo pedagógico e, se for o caso, rever o planejamento.

Por fim, reitera-se aqui que a escola deve oportunizar a construção do conhecimento pelos estudantes e desempenhar seu papel na democratização deste conhecimento. Como ato educativo, a avaliação potencializa o papel da escola quando cria condições reais para a condução do trabalho pedagógico.

6. REFERÊNCIAS

- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: **Tópicos em Ensino de Ciências**. Moreira, M. A; AXT, R. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 79 -90.
- ALMEIDA, M. J. P. de. **Discurso da Ciência e da Escola: Ideologia e Leituras Possíveis**. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004.
- ABRANTES, P. C. C.. Newton e a Física francesa no século XIX. In: **Cad. de História e Filosofia da Ciência**, Série 2, 1(1): 5-31, jan-jun, 1989, p. 5 –31.
- ALMEIDA, M. J. P. de; SILVA, H. C. da. (orgs.) **Linguagem, Leituras e Ensino de Ciência**. Campinas: Mercado das Letras/ Associação de Leitura do Brasil-ALB, 1998.
- ALVARES, B. A. Livro didático - análise e seleção. In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 18-46.
- ARAUJO, I. L. **Introdução à filosofia da ciência**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003.
- BARRA, V. M. & LORENZ, K. M.. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, *período: 1950 a 1980*. In: **Revista Ciência e Cultura** 38 (12), dezembro, 1986, p. 1970-1983.
- BARRETO, E. S. de S. A avaliação da educação básica entre dois modelos. In: www.anped.org.br/reunioes/23/textos/0524/.pdf. Acesso em: 28/11/2007.
- BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria de campo e a desmecanização da física. In: **SCIENTLE studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006.
- BRASIL/MEC. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB 9.394/96**.
- BUCUSSI, A. A. In: **Textos de apoio ao professor de física**. Porto Alegre, Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física UFRGS, v. 17, n. 3, 2006.
- CARUSO, F.; ARAÚJO, R. M. X. de. **A Física e a Geometrização do mundo: Construindo uma cosmovisão científica**. Rio de Janeiro: CBPF, 1998.
- CARVALHO F., J. E. C. Educação Científica na perspectiva Bachelardiana: Ensaio Enquanto Formação. In: **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, 2006.
- CHAVES, A. **Física: Mecânica**. v. 1. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2000a.
- CORDEIRO, L. F. **É Significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio?** Curitiba, 2003. Dissertação de Mestrado. UFPR
- DIAS, V. S. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. São Paulo, 2004. Dissertação de mestrado. USP

EISBERG, R.; RESNICK R.: **Física quântica**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

FEYNMAN. R. P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

GARCIA, N. M. D.; JAZOMAR, V. da R.; COSTA, R. Z. V. Área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias: algumas contribuições para a sua organização. In: KUENZER, A. Z. **Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2001.

LOPES, A. R. C.. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Eduerg, 1999.

LORENZ, K. M.. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. In: **Revista Ciência e Cultura** 38, n. 3, p. 426-435, março, 1986.

LUCKESI, C. C. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem? In: <http://www.artmed.com.br/patiaoonline.htm?PHPSESSID=47c842e39090dec902020db09b210123>. Acesso em: outubro, 2004.

GARDELLI, D. **Concepções de Interação Física**: Subsídios para uma abordagem histórica do assunto no ensino médio. São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado. USP

GARCIA, N. M. D.; JAZOMAR, V. da R.; COSTA, R. Z. V. Área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias: algumas contribuições para a sua organização. In: KUENZER, A. Z. **Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2001.

MARTINS, R. Andrade. Física e História: o papel da teoria da relatividade. In: **Ciência e Cultura** 57 (3): 25-29, jul/set, 2005.

MARTINS, R. Andrade. **O Universo. Teorias sobre sua origem e evolução**. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

MARTINS, R. Andrade. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência** (9): 3-5, 1990.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. In: **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995.

MENEZES, L. C. **A matéria** – Uma Aventura do Espírito: Fundamentos e Fronteiras do Conhecimento Físico. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Unb, 1999.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, agosto de 1993.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, Junho de 2002.

MORTIMER, F. E. **Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? Investigações em ensino de Ciências**. v.1, n. 1, abril de 1996. In: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>. Acesso em 07/06/2005.

NARDI, R. (org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998.

NARDI, R. e ALMEIDA, M. J. P. M. **Analogias, Leituras e Modelos no Ensino de Ciência: a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006.

NEVES, M. C. D. A História da Ciência no ensino de Física. In: **Revista Ciência e Educação**, 5 (1), p. 73-81, 1998.

NEWTON, I.: **Principia, Philosophiae naturalis - principia mathematica**. São Paulo: Edusp, 1990.

OLIVEIRA, M. R. N. S. *Do mito da tecnologia ao paradigma tecnológico; a mediação tecnológica nas práticas didático-pedagógicas*. In: **Revista Brasileira de Educação**, set/out/nov/dez, 2001, n.º 18. Reunião anual da ANPED, 24^a. Caxambu: ANPED, p. 101-107.

PARANÁ/SEED. **Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio – Documento elaborado para elaboração do Projeto**. Curitiba: Seed, 1994.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

RAMOS, E. M. de F; FERREIRA, N. C. O desafio lúdico como alternativa metodológica para o ensino de física. In: **Atas do X SNEF**, 25-29/ janeiro 1993, p. 374-377.

RAMOS, M. N. A Pedagogia das Competências: autonomia ou adaptação? São Paulo: Cortez, 2001.

RIVAL, M. **Os grandes Experimentos Científicos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1997.

ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: Edufra, 2002.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 1, 2005. Acesso em 09/06/2005.

SILVA, C. C. (org) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SEQUEIRA, M.; LEITE L. A história da ciência no ensino – aprendizagem das ciências. In: **Revista Portuguesa de Educação**, 1 (2), p. 29-40, 1998.

STUDART, N.; ZYLBERSZTAJN (Orgs.) **Física: Ensino Médio**. v. 7. Brasília: Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica, 2006.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. In: **Revista Conceitos**, jul. 2003/jul.2004.

VIGOTSKI, L. S. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WUO, W. O ensino da Física na perspectiva do livro didático. In: OLIVEIRA, M. A. T. de; RANZI, S. M. F. (orgs.). **História das disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate**. Bragança Paulista: Edusf, 2003.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. In: **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49) – jan/abr, p. 39-57, 2006.

ZANETIC, J. Física e Literatura: uma possível integração no ensino. In: **Caderno Cedex: Ensino de Ciência, Leitura e Literatura**, 41, p. 46-61, 1997.

6. OBRAS CONSULTADAS

ADKINS, C. J. **Equilibrium Thermodynamics**. 3 ed. Cambridge: University Press, 1983.

ALMEIDA, M. J. P. M. de.; SILVA, H. C. da. **Condições de produção no funcionamento da leitura na Educação em Física**. Texto digitalizado.

ARANHA, M. L. de A.; MARTINS, M. H. P.. **Filosofando: introdução à Filosofia**. São Paulo: Moderna, 1993.

ARRIBAS, S. D. **Experiências de Física na Escola**. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.

ARROYO, M. G.. A função do ensino de Ciências. In: **Em Aberto**, ano 7, n. 40, out/dez, Brasília, 1988.

ARROYO, M. G.. Educação e exclusão da cidadania. In: **Educação e cidadania: quem educa o cidadão?** BUFFA, Ester; ARROYO, Miguel G.; NOSELLA, Paulo. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1995. (Coleção questões de nossa época).

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOS, E.; BULCÃO, M. **Bachelard**: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação. Petrópolis: Vozes, 2004.

BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

BELLINE, W; SALVI, R. F. Informática na Educação do Estado do Paraná: História e estrutura organizacional. In: **Anais do X EBRAPEM**, Belo Horizonte: UFMG, 2006.

BERNSTEIN, J. **As idéias de Einstein**. São Paulo: Editora Cultrix Ltda, 1973.

BRAGA, M. [et al.] **Breve História da ciência moderna**: Das luzes ao sonho do doutor Frankenstein (séc. XVIII). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2005.

BRAGA, M. [et al.] **Newton e o triunfo do mecanicismo**. São Paulo: Atual, 1999.

BRASIL/MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Sentec, 2002.

BRASIL/MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: PCN+ Ensino Médio. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC/Sentec, 2002.

BUFFA, E.; ARROYO, M. G.; NOSELLA, Paulo. Educação e cidadania: quem educa o cidadão? In: **Coleção Questões de Nossa Época.** 5. ed. São Paulo: Cortez, 1995.

CHAUI, M. **Convite à Filosofia.** 5. ed. São Paulo: Ática, 1995.

CHAVES, A. **Física: Mecânica.** v. 1. Rio de Janeiro: Reichmann e Affonso Editores, 2000a.

CHAVES, A. **Física-Sistemas complexos e outras fronteiras.** Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2000b.

CHAVES, A.; SHELLARD, R. C.. **Pensando o futuro: o desenvolvimento da Física e sua inserção na vida social e econômica do país.** São Paulo: SBF, 2005.

DESCARTES, R. **O Discurso do Método.** São Paulo: Ediouro, 1986.

FIANÇA, A . C. C.; PINO, E. D.; SODRÉ, L.; JATENCO-PEREIRA, V. **Astronomia: Uma Visão Geral do Universo.** São Paulo: Edusp, 2003.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GALILEI, G. **O Ensaíador.** São Paulo: Editora Nova Cultural, 2000.

GALILEI, G. **Duas novas ciências.** São Paulo: Ched, 1935.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental.** São Paulo: Editora Ática, 2003.

KUENZER, A. **Ensino médio: construindo uma proposta para os que vivem do trabalho.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física.** v. 2, 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of Physics.** 4 ed. John Wiley&sons, Inc. and Smart Books, Inc., 1994.

HOBSBAWM, E. J. **A era das revoluções.** 19. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005a.

HOBSBAWM, E. J. **A era dos extremos.** São Paulo: Paz e Terra, 2005b.

HOBSBAWM, E. J. **A era dos impérios.** 9. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005c.

HRYNIEWICZ, S. **Para filosofar hoje.** 5 ed. Rio de Janeiro: Edição do autor, 2001.

JACKSON, J. D.; MACEDO, A. (Trad.) **Eletrodinâmica Clássica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.

KNELLER, G. F. **A ciência como uma atividade humana.** São Paulo: Zahar/ Edusp, 1980.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências.** São Paulo: EPU, 1987.

- KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fundo de cultura económica, 1999.
- LOPES, J. L. **Uma história da Física no Brasil**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa critica. In: **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, 11-15 set., Lisboa, 2000.
- MOREIRA, M. A. **Revalorização do professor e aprendizagem significativa: dois fatores importantes para a reconstrução da escola pública**. Texto digitalizado, s/d.
- MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- NARDI, R. (org.). **Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente**. 3 Ed. São Paulo: Escrituras, 2003.
- NARDI, R. (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2004.
- NEVES, M. C. D.. A historia da ciência no ensino de Física. In: **Revista Ciência e Educação**, 5(1), 1998, p. 73-81.
- NOGUEIRA, F. M. G.. **Ajuda externa para a educação brasileira: da Usaid ao Banco Mundial**. Cascavel: Edunioeste, 1999.
- OLIVEIRA FILHO, K, de S., SARAIVA, M. de F. O . **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- OLIVEIRA, M. R. N. S. Do mito da tecnologia ao paradigma tecnológico; a mediação tecnológica nas práticas didático-pedagógicas. In: **Revista Brasileira de Educação**, set/out/nov/dez, 2001, n.18. Reunião anual da Anped, 24^a . Caxambu: Anped, p. 101-107.
- PARANÁ/SEED. **Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio – Documento elaborado para elaboração do Projeto**. Curitiba: SEED, 1994.
- PARANÁ/SEED/DESG. **Reestruturação do Ensino de 2º Grau - Física**. Curitiba: SEED/Desg, 1993.
- PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L. O. Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5. n. 3, p. 142-161, dezembro de 1998.
- PIETROCOLA, M; ALVES, J. de P. F. ; PINHEIRO, T. de F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. In: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_n2_a3.html. Acesso em 09/06/2005.
- PILETTI, N.; PILETTI, C. **História da educação**. 7. ed. São Paulo: Ática, 2003.
- QUADROS, S.. **A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. São Paulo: Scipione, 1996.
- REITZ, J. R.; MILFORD, F. J.; CHRISTY, R. W. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.
- RESNICK, R.; ROBERT, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Campus, 1978.
- RIBEIRO, M. L. S. **História da educação brasileira - a organização escolar**. Campinas: Autores Associados, 1983.

ROMANELLI, O. de O. **História da educação no Brasil**. 9. ed., Petrópolis: Vozes, 1987.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Concepções Teórico- Metodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. In: **Revista Ensaio**, n. 2, v. 5, out, 2003.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. A Teoria Histórico Cultural e o Ensino da Física. In: **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 33-6, 1-8, 2004. ISBN: 1681-5653.

ROZADOS, Inclusão digital como condição à inclusão social: o caso brasileiro. In: www.pol.una.py/abigrap/ponencias/Frota_Rozados_Helen.pdf. Acesso em: 18/12/2007.

SAAD, F. D. **Demonstrações em Ciências**: explorando os fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experimentos simples. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

SAAD, F. D. Análise do Projeto FAI - Uma proposta de um curso de Física Auto-Instrutivo para o 2.º grau. In: HAMBURGER, E. W. (org.). **Pesquisas sobre o Ensino de Física**. São Paulo: Ifusp, 1990.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. São Paulo: Autores Associados, 2002.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1975.

SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física**: Eletricidade e Magnetismo. v. 3, 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

TEIXEIRA, A. C. Internet e democratização do conhecimento: repensando o processo de exclusão social. In: **Cinted**, v. 1, n. 1, fev., 2003, Porto Alegre, UFRGS.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**: A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1994.

TIPLER, P. A. **Física**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1995.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física**: Mecânica, Oscilações e Ondas. v.1, 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física**: Eletricidade, Magnetismo e Óptica. v.2, 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006

TIPLER, P. A. e LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO-USP/Grupo de Reelaboração do Ensino de Física-GREF. **Física 1/GREF**: Mecânica. São Paulo: Edusp, 1991.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO-USP/Grupo de Reelaboração do Ensino de Física-GREF. **Física 2/GREF**: Física Térmica e Óptica. São Paulo: Edusp, 1991.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO-USP/Grupo de Reelaboração do Ensino de Física-GREF. **Física 3/GREF**: Eletromagnetismo. São Paulo: Edusp, 1991.

VALADARES, E. de Campos. **NEWTON A órbita da Terra em um copo d'água**. São Paulo: Odysseus, 2003.

WEINBERG, Steven. **Sonhos de uma Teoria Final**. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

ZIN, S. L. B., MASSOT, A. E. Física por experimentos demonstrativos. In: **Atas do X SNEF**, 25-29/ janeiro 1993, p. 708-711.