

# PROBLEMAS E PROBLEMATIZAÇÕES

Demétrio Delizoicov

## 1. Introdução

É consenso entre professores de física, tanto do ensino universitário como do médio, a importância que a atividade de resolução de problemas representa para o processo de aprendizagem. Parte considerável do planejamento e execução das nossas aulas a ela é destinada. Do mesmo modo, a orientação básica fornecida para que o aluno se aproprie do conhecimento que está sendo abordado no particular tópico ensinado resume-se, na maioria das vezes, à resolução de uma lista de problemas e exercícios, quer especialmente preparada, quer simplesmente retirada do livro texto adotado.

Este é, sem dúvida, um dos sentidos dos termos *problema e problematização*. Talvez o que tenha maior relevância para o planejamento do processo de formação dos nossos estudantes, se considerarmos, como Thomas Kuhn (1975), que o *conteúdo cognitivo* das formulações contidas nos conceitos, modelos, leis e teorias da Física é convenientemente contextualizado, exemplificado e passível de ser apropriado na medida em que o aprendiz se envolva e se dedique à solução de problemas. Na argumentação de Kuhn o aluno após sua apropriação (obviamente se ocorrer) da solução de um problema *exemplar* (Kuhn, posfácio, 1975) a utiliza como *padrão* para resolver outros problemas similares. Embora Kuhn esteja, com esta compreensão, se referindo mais especificamente à formação de cientistas, é possível empregá-la também para uma população de estudantes mais abrangente, que inclui, além dos alunos universitários, os do ensino médio, conforme tem sido apontado em alguns trabalhos (Zylbersztajn, 1991, 1998; Delizoicov, 1991, 1996).

Concorde-se, ou não, com a interpretação de Thomas Kuhn, o fato a ser destacado é a importância que atribuímos, e o tempo relativamente grande que dedicamos nos nossos cursos, à solução de problemas. Outro capítulo deste livro aborda aspectos relevantes relativos ao papel que ela representa no processo de ensino-aprendizagem da Física.

No entanto, há outros sentidos para o termo *problematização* que, não excluindo o anterior, a ele se articulam e apontam para o planejamento e desenvolvimento de atividades que não se resumem aquelas que tradicionalmente balizam as atividades de resolução de problemas. Neste capítulo serão explorados alguns aspectos relativos à *problematização* que contribuem para a sua resignificação, com seus possíveis desdobramentos na atividade docente, particularmente ao considerar o ensino de Física no ensino médio.

## 2. Problema como gênese do conhecimento

Muito embora a área de pesquisa em ensino de física seja relativamente recente - se considerarmos que os primeiros trabalhos, teses, revistas e congressos específicos sobre pesquisa em ensino ocorreram há cerca de três décadas- , não raro encontramos físicos renomados que há mais tempo distinguiram-se pela dedicação especial dada à disseminação do conhecimento produzido pela física para um público de não-especialistas, contribuindo de certo modo e num sentido abrangente para a educação em física. São físicos que além de um completo domínio sobre as teorias, revelam uma sensibilidade para compreender as dificuldades que delas emergem quando há a necessidade de sua apropriação por leigos, caso dos nossos alunos, quer os do ensino médio, se pensarmos na formação geral, quer os das fases iniciais dos cursos universitários, quando uma formação especializada está em jogo.

Já fazem parte da História da Educação os conhecidos projetos de ensino de física destinados à escola média produzidos a partir das décadas de 50/60, tanto os estrangeiros como os nacionais, que envolveram equipes de cientistas. Além disso, contam-se as dezenas as publicações de livros textos escritos por físicos que são total ou parcialmente adotados nos cursos de formação em nível universitário.

Também não é desprezível a quantidade de físicos renomados que têm uma preocupação mais abrangente ao pensarem a Ciência, a Física e a sua relação com a formação científico-cultural das pessoas. Um exame rápido na biografia de alguns deles, que ao longo da história deixaram marcas pela relevância da sua produção, chama a atenção também pelo que publicaram sobre assuntos, que embora correlatos à Física, não se reduzem apenas aos problemas de investigação aos quais a comunidade se dedica. Sem pretender esgotar a lista, destacam-se neste cenário físicos de porte, tais como Einstein, Heisenberg, Schroedinger, Bohm, Schemberg, Leite Lopes

São dignas de menção algumas publicações que muito contribuíram para com esta perspectiva educativa. As próprias obras de Galileu poderiam ser assim compreendidas se levarmos em conta sua opção em publicá-las em língua italiana, para atingir com suas novas idéias um público maior, ao invés de usar o latim, como era o hábito das publicações acadêmicas da época e destinadas a uma pequena elite de intelectuais. Einstein (1966) também, com seu livro *A Evolução da Física* escrito em parceria com Infeld, ao mesmo tempo que dissemina conhecimento científicos numa linguagem para leigos, mostra-nos de forma singela e bonita a estrutura conceitual da Física. Landau (1986), que ao participar do projeto editorial *A Ciência ao Alcance de Todos* (Editorial MIR) aceita o desafio de escrever para um público leigo *O Que é Teoria da*

### *Relatividade.*

Dentre outros cientistas que dedicaram especial atenção aos problemas relativos ao ensino-aprendizagem das ciências, Física particularmente, Gaston Bachelard (1884-1962) tem presença marcante. É dele o destaque da importância que devemos atribuir para a compreensão segundo a qual o conhecimento se origina de problemas, ou melhor, da busca de soluções para problemas consistentemente formulados. Bachelard afirma:

*"Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído"* (Bachelard, 1977, p. 148).

Bachelard, um cientista-educador, além de filósofo da Ciência e poeta, tem uma vasta obra publicada onde se nota claramente a sua preocupação pedagógica, fruto de uma reflexão da prática do educador-cientista, interessado essencialmente com a formação do pensamento científico, inclusive alunos do curso secundário, professor que foi de física e química deste nível de ensino, no Liceu da cidade francesa de Champagne, sua terra natal.

Nascido em 1884, Bachelard teve a oportunidade, quer como estudante, quer como cientista e professor de viver um período particularmente rico da História da Ciência, qual seja o primeiro quarto do século XX, tirando dele ensinamentos epistemológicos e pedagógicos, além dos propriamente científicos que, se devidamente considerados, em muito têm a contribuir para a tarefa do professor de Física em ensiná-la. Como resultados das suas reflexões e pesquisas, publica em 1928 duas teses que havia apresentado no ano anterior: *Étude sur l' Evolution d'un Problème de Physique: la Propagation Thermique dans les Solides (Estudo sobre a Evolução de um Problema de Física: a Propagação Térmica nos Sólidos)* e *Essai sur la Connaissance Approché (Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado)*. Se no primeiro localiza-se sua contribuição mais específica enquanto cientista, é no segundo que se situa uma das teses centrais de sua epistemologia - o "aproximalismo"- ou seja "a idéia de que a abordagem do objeto científico deve ser feita através do uso sucessivo de diversos métodos, já que cada um seria destinado a se tornar primeiro obsoleto, depois nocivo", conforme nos explica o biógrafo de Bachelard, no capítulo "Vida e Obra", do livro "Bachelard" da coleção "Os Pensadores"(Abril Cultural, 1978).

Sempre em sintonia com a produção científica contemporânea ao período em que viveu, Bachelard precisou "refazer", para si próprio, e também para seus alunos, a descrição e compreensão que a Ciência estava dando para a estrutura microscópica da matéria. Nada menos que quatro modelos, os de Thompson,

Rutherford, Bohr e o da mecânica quântica, com as conhecidas implicações decorrentes de cada um deles, foram propostos desde o final do século XIX até 1925, com as formulações da mecânica quântica.

É neste período, também, que grandes pilares da Física se abalam, com suas conseqüências sobre as interpretações até então atribuídas ao comportamento da natureza. A mecânica, que hoje chamamos de clássica, tem seu domínio de validade limitado. Para problemas cujas velocidades envolvidas sejam da ordem da velocidade da luz torna-se um equívoco usá-la, conforme a, então recentemente proposta, Teoria da Relatividade. Por sua vez, para enfrentar os problemas na dimensão microscópica e da emissão de radiação, é a mecânica dos quanta que precisou ser construída para que pudesse dar conta da solução dos problemas. Sempre alerta, e refletindo sobre as profundas alterações e às novas concepções que estas duas teorias ocasionam, Bachelard publica em 1934 seu livro *O Novo Espírito Científico* (Bachelard, 1978).

O professor Bachelard, que “tempos atrás” discorria para seus alunos, fazendo uso de dados objetivos e experimentais, os modelos e as teorias que davam uma interpretação científica da natureza, precisava nas aulas seguintes, *retificá-los*, admitindo os “erros” ocorridos, aos quais denominou de *erros epistemológicos*. As lições que aprende destes episódios da História da Ciência associados à sua experiência docente, o fazem conceber o conceito de *obstáculos epistemológicos*, aos quais dedica a obra de 1937 *A Formação do Espírito Científico* (Bachelard, 1996), considerada uma das mais importantes. Tais obstáculos seriam *“os retardos e perturbações que se incrustam, no próprio ato de conhecer, uma resistência do pensamento ao pensamento”* (Jupiassu, 1976, p. 171). A superação destes obstáculos, de acordo com Bachelard, ocorre através de *rupturas*, tais como aquelas ocorridas com a necessidade de adoção da quantização da energia, da relatividade do tempo, da dualidade onda-partícula, do espaço não-euclidiano, entre outras advindas com a construção da Física Moderna.

Devido a análise articulada que faz sobre as teorias científicas considerando-as tanto do ponto de vista da sua produção, como o da sua disseminação, o conceito de obstáculo epistemológico é por Bachelard empregado para uma interpretação tanto do desenvolvimento científico como da prática educativa (Bachelard, 1983). Para Bachelard é também através de rupturas que se passará do “conhecimento vulgar” para o conhecimento científico (Bachelard, 1977).

O não-reconhecimento, pelos professores, de que há também “obstáculos pedagógicos” para a formação do pensamento científico do estudante é criticado por Bachelard. A sua prática de educador parece tê-lo convencido, talvez mais do que a outros, de que os “obstáculos” não podem ser negados, negligenciados, escamoteados na tarefa educacional: *“Sempre me surpreendeu o fato de que os professores de ciências, mais que os outros, não compreendam que não se possa*

*compreender. Poucos são aqueles que aprofundam a psicologia do erro...."* (Bachelard, 1977, p. 150).

Bachelard tem como pressuposto que o estudante chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já construídos, fruto da sua interação com a vida cotidiana e que, portanto, durante a educação escolar não se trata de "*adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana*" (Bachelard, 1977, p. 150). Tal pressuposto tem sido confirmado através de pesquisas que vem sendo realizadas desde o final da década de 70. Um extensivo levantamento empírico realizado por estas pesquisas, conforme aponta um trabalho (Pfundt e Duit 1994) que mapeou boa parte das publicações sobre o assunto, evidencia que, de fato, nossos alunos já tem idéias pré-concebidas, as chamadas *concepções alternativas* ao conhecimento estruturado pela física. Nestas pesquisas emergem do discurso empregado pelos estudantes, para expressar suas explicações a respeito das situações apresentadas pelo pesquisador, o emprego de termos comuns, tais como, força, luz, átomo, mas com um significado totalmente distinto daquele conceituado pelas teorias físicas. Segundo Bachelard, o conhecimento do senso comum ou conhecimento vulgar, que de certa forma podemos associar como se manifestando nestas concepções alternativas, relaciona-se com os obstáculos epistemológicos.

É uma "psicanálise" dos "erros" iniciais - "erros epistemológicos" - cometidos pelos alunos na interpretação do objeto de estudo que Bachelard propõe como alternativa para a superação dos obstáculos:

*"Desse modo, toda cultura científica deve começar, como o explicamos extensamente, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta depois a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber firmado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, dar, enfim, à razão, razões de evoluir"* (Bachelard, 1977, p. 151; grifo nosso).

Parece, então, de acordo com esta prescrição de Bachelard, necessário obter o conhecimento vulgar do educando e não apenas para saber que ele existe. No alerta de Bachelard, este conhecimento prévio precisa ser trabalhado ao longo do processo educativo, para fazer, o que ele denomina de sua "psicanálise".

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.

A partir desta interpretação, *problematizar* é também:

1 - a escolha e formulação adequada de problemas, que o aluno não se formula, de modo que permitam a introdução de um *novo conhecimento* (para o aluno), ou seja, os conceitos, modelos, leis e teorias da Física, sem as quais os problemas formulados não podem ser solucionados. Não se restringe, portanto, apenas a apresentação de problemas a serem resolvidos com a conceituação abordada nas aulas, uma vez que está ainda não foi desenvolvida! São, ao contrário, problemas que devem ter o potencial de gerar no aluno a necessidade de apropriação de um conhecimento que ele ainda não tem e que ainda não foi apresentado pelo professor. É preciso que o problema formulado tenha uma significação para o estudante, de modo a conscientizá-lo que a sua solução exige um conhecimento que, para ele, é inédito;

2 - um processo pelo qual o professor ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes, ou seja, questiona-os também. Se de um lado o professor procura as possíveis inconsistências internas aos conhecimentos emanados das distintas falas dos alunos para *problematizá-las*, tem, por outro, como referência implícita o problema que será formulado e explicitado para os alunos no momento oportuno bem como o conhecimento que deverá desenvolver como busca de respostas. A intenção é ir tornando significativo, para o aluno, o problema que oportunamente será formulado.

Uma atuação docente nesta perspectiva exige demandas para a sua realização, algumas envolvendo, inclusive, considerações nada triviais, dado o nível de exigência que os problemas com tais características devem ter, do mesmo modo que o seu tratamento didático.

Parece claro que por mais importantes que tenham sido os problemas e as perguntas relevantes feitas durante a História da Física e que culminaram com a produção de conhecimentos, o significado destes problemas para um aluno no início do seu aprendizado de Física no ensino médio, e mesmo no universitário, **à priori** não é o mesmo que para o físico ou o professor de física. Ainda que o ponto de partida possa ser o fenômeno, do qual decorrem a localização e formulação do problema, são essas próprias localização e formulação e a consistente possibilidade da solução científica do problema que só fazem sentido no interior da teoria que o soluciona e que, por pressuposto, ainda não é do conhecimento do aluno. Podemos inferir, portanto, que uma das possibilidades de se considerar esta perspectiva de *problematização* está articulada ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de física, uma vez que se propiciaria a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes

que culminaram com a produção dos modelos e teorias, o que teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido. E aqui uma primeira demanda, sintetizada pelas questões, que já há algum tempo vêm sendo enfrentada pela comunidade de ensino de física: Qual o papel da História da Ciência no Ensino de Física? Qual História da Ciência?

Quaisquer que sejam os encaminhamentos a serem dados a partir de uma abordagem histórica para se contemplar a dimensão problematizadora que se está explicitando, destaca-se a necessidade das devidas adequações que precisam ser efetuados nos cursos de formação de professores de física, para além das mudanças a serem realizadas no ensino médio, quer a nível da programação e do material didático, quer da prática pedagógica do docente de física.

Uma outra possibilidade, que pode ser articulada com aspectos históricos, mas não estruturada a partir de um programa de ensino cujos eixos seriam a História e Filosofia da Ciência será explorada a seguir. De modo semelhante a alternativa anterior, esta possibilidade de implementar um ensino de física que contempla a *problematização* nas suas duas dimensões explicitadas, além daquela mais rotineira de resolução de problemas de lápis e papel, também exige mudanças quer na formação dos professores de física, quer na sua prática pedagógica conforme veremos a seguir.

### 3. Problematização como eixo estruturador da atividade docente

Esta concepção de problematização tem sido objeto de análise por parte de alguns educadores que, de modo semelhante a Bachelard, ao considerarem tanto o conhecimento do senso comum como o científico destacam pontos particularmente relevantes para uma prática docente que esteja em sintonia com os aspectos aqui apontados.

Um dos focos principais da análise desses educadores diz respeito ao papel conscientizador que o conhecimento precisa ter ao ser abordado na educação escolar, tornando-se um instrumento para uma melhor compreensão e atuação na sociedade contemporânea. Certamente o conhecimento científico, e em particular o da física, tem uma contribuição fundamental na formação dos nossos estudantes, sobretudo se considerarmos o ensino das ciências para não cientistas, como é o caso de muitos dos estudantes do curso médio que possivelmente não terão outra oportunidade de estudar sistematicamente a física, quer porque não farão curso universitário, quer porque o farão em cursos não relacionados às ciências exatas ou tecnológicas. Sabemos que esta situação é uma característica predominante do perfil dos nossos alunos do nível médio e, por isso mesmo, ela não pode ser

desconsiderada, tanto ao se pensar o ensino de física na escola média, quanto a formação dos professores, a inicial e a continuada, que atuarão neste nível de ensino.

Dentre estes educadores, George Snyders (1988), filósofo da educação francês, preocupa-se especificamente com a educação escolar na perspectiva de suas transformações. Defende a exploração didática de *temas significativos* que envolvam contradições sociais e que proporcionem, o que ele denomina de, uma renovação dos conteúdos programáticos escolares numa dimensão crítica. Relativamente ao ensino das ciências entre outras proposições deste educador para se trabalhar sistematicamente conhecimentos científicos na escola, destacam-se duas: articular na programação dos conteúdos o que ele chama de “fascínio” dos jovens por aparatos tecnológicos e explorar o *tema* “balanço *benefício-malefício* da produção científico tecnológica”.

Em sintonia com esta perspectiva de programação dos conteúdos escolares a partir de temas podemos localizar alguns projetos de ensino de física. A nível internacional é representativo desta abordagem o projeto PLON (Deckker, 1986; Eijlelhof, 1989; Linjse,1990). De modo semelhante, algumas propostas para o ensino de ciências/física com enfoque em *CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade* – também contemplam aspectos que se articulam com as proposições de Snyders, conforme pode ser verificado em outro capítulo deste livro.

Ressalta-se, novamente, o papel da formação de professores, tanto a inicial como a continuada. Se pretendermos atribuir ao ensino de física, como também ao das demais disciplinas do currículo escolar, algum nível de compromisso ao se tratar questões e temas tão importantes quanto as relações entre Ciência - Tecnologia - Sociedade, não se poderia deixar de tratá-los sistematicamente durante a formação.

Esta abordagem através de temas que têm potencial de ser significativos para os alunos, com a qual são estruturados os conteúdos programáticos nas propostas de ensino de física citadas, possibilita, inicialmente, explorar a segunda dimensão da problematização. Podemos planejar as atividades de sala de aula de tal modo que as explicações dos alunos, o seu conhecimento prévio, sobre as situações envolvidas nos temas escolhidos possam ser obtidas e *problematizados* pelo professor, direcionando o processo de *problematização* para a formulação do(s) *problema(s)* que geraria(m) a necessidade de se trabalhar um *novo conhecimento* para o aluno. Isto significa que a seleção do conteúdo programático e o planejamento a serem realizados têm como ponto de partida uma análise dos temas, com a qual o professor poderá localizar aqueles problemas mais relevantes de serem formulados e que se articulam tanto com as situações em pauta na problematização (envolvidas no particular tema), bem como com conhecimentos específicos da física, ou seja, permite explorar também a primeira dimensão da

problematização.

Snyders (1988) desenvolve uma argumentação consistente quanto a existência de dois níveis de cultura. O primeiro nível é associado à categoria que ele denomina de “cultura primeira” dos alunos – aquela que se constitui a partir do senso comum –. O segundo nível é associado à categoria que Snyders chama de “cultura elaborada” da qual o conhecimento produzido pela instituição Ciência é parte. Para este educador a cultura primeira que o aluno traz para a escola o direciona na sua interpretação dos temas. Snyders defende que esta cultura primeira precisa ser transformada, de modo a possibilitar uma mudança na compreensão do aluno sobre o tema. Para tal é necessário que a cultura elaborada, em processo de ruptura com a cultura primeira, seja apropriada pelo aluno. Em sua análise sobre as rupturas, também fundamentada em Bachelard, argumenta:

*“...não nos ateremos a uma simples transformação do conhecimento, é ‘uma reforma do ser conhecedor que está em jogo’, uma ‘catharsis’ que será simultaneamente intelectual e afetiva ... O simples bom senso, a observação comum constituem ‘obstáculos’ ao conhecimento e isso porque o erro é ‘primário, normal, comum’, responde a uma estrutura, possui consistência; essas ilusões correspondem a uma lógica, são ‘solidárias’ umas com as outras e portanto tenazes. Daí a necessidade de uma espécie de ‘psicanálise’ dos erros iniciais.”* (Snyders, 1988, p.104).

Depreende-se, pois, a necessidade de um trabalho didático-pedagógico que relacionando a cultura elaborada à interpretação dos temas, também articule explicitamente a cultura primeira que o aluno traz para a escola, de modo que possa ser problematizada, nos termos aqui argumentados.

Tendo explicitamente esta compreensão do processo educativo e do papel conscientizador que deve ter o conhecimento trabalhado na escola, localizamos o *Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF)* constituído por mais de uma dezena de professores de física das escolas públicas do estado de São Paulo e por professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. A partir desta perspectiva para o ensino de física o GREF, desde meados da década de 80, vem implementando uma proposta baseada numa dinâmica que contempla a produção de material instrucional, particularmente textos didáticos, seu emprego em sala de aula do ensino médio e na formação continuada de professores, incorporando as modificações, de várias espécies, que surgem como demandas deste processo. Como parte dos resultados deste trabalho o GREF publicou, através da Editora da USP (EDUSP) três livros destinados a professores de física do ensino médio: em 1990 *Física 1- Mecânica*; em 1991 *Física 2 - Física Térmica e Óptica* e em 1993 *Física 3 - Eletromagnetismo*.

Da “*Apresentação Geral da Proposta*”, constante em cada um dos três volumes da coleção GREF, pode-se destacar:

*“O caráter prático-transformador e o caráter teórico-universalista da Física não são traços antagônicos mas, isto sim, dinamicamente complementares. Compreender este enfoque permitiu evitar tanto o tratamento ‘tecnicista’ como o ‘formalista’ e, procurando partir sempre que possível de elementos vivenciais e mesmo cotidianos, formulam-se os princípios gerais da Física com a consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade.*

*A Física ... possui também uma beleza conceitual ou teórica, que por si poderia tornar seu aprendizado agradável. Esta beleza, no entanto, é comprometida pelos tropeços num instrumental matemático com o qual a Física é freqüentemente confundida ... .*

*Uma maneira de evitar esta distorção pedagógica é começar cada assunto da Física pelo desenvolvimento de uma temática e de uma linguagem, comuns ao professor e a seu aluno, contidas no universo de vivência de ambos, e que só o transcenda à medida que se amplie a área comum de compreensão e domínio.*

*Dá-se início à construção deste saber, em comum. Abrindo cada tópico com um levantamento de ‘coisas’ que o aluno e professor associem respectivamente com ‘mecânica’ ou ‘física térmica’ ou ‘óptica’ ou eletromagnetismo. ... começa a se descortinar para o aluno a estrutura conceitual do curso que o professor conhece de antemão. ...*

*Como o aluno participa do levantamento e da classificação, pode o professor ter uma idéia, desde logo, das áreas de conhecimento e de interesse de cada turma. Por sua vez, o aluno já terá um panorama do curso antes de sua divisão em assuntos e temas ...*

*Essa etapa inicial do curso não é, portanto, um simples ‘aquecimento’; é o assentar das bases de um diálogo (real e/ou simbólico) que sustentará o processo de ensino-aprendizagem.” (GREF, 1993, pp. 15-16).*

Destaca-se com isso, a existência de uma proposta que pode auxiliar uma atuação docente segundo uma dinâmica que contempla a problematização. Há uma trajetória, testada e referenciada, que pode fornecer subsídios aos professores - tanto do ensino médio como os que atuam na formação de professores de física - que pretendam planejar suas aulas, ou mesmo toda a estrutura dos seus cursos, explorando mais sistematicamente uma perspectiva problematizadora para o ensino. Adiante será apresentada uma síntese de atividade realizada com professores na disciplina denominada de “Abordagem Problematizadora”, do Curso de Formação Continuada Para Professores de Física do Projeto Pró-Ciências da UFSC que foi subsidiada pela proposta GREF e desenvolvida em de sala de aula numa dinâmica estruturada pelas várias dimensões da problematização que vêm sendo explicitadas neste capítulo.

Esta tendência que procura uma articulação mais efetiva dos conhecimentos específicos da física com o cotidiano dos alunos é cada vez mais crescente. Em um

estudo abrangente e bastante significativo Pierson (1997) analisa iniciativas ocorridas no Brasil e que, sob diferentes formas e diferentes compreensões do seu significado e função, utilizam o cotidiano para balizar uma aproximação sistemática com o ensino de física e com a pesquisa em ensino de física.

Pierson (1997) ao analisar detalhadamente esta tendência levando em consideração o levantamento que realizou dos trabalhos apresentados em três dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física ocorridos na década de 90 (IX SNEF/ S. Carlos/1991 – X SNEF/ Londrina/ 1993 – XI SNEF/ Niterói/ 1995) constata sua presença expressiva. Já em 1991 encontrou uma quantidade considerável, ou seja, 25% dos trabalhos apresentados relacionava-se com o cotidiano; crescendo para 30% no de 1993 e para 33% no de 1995. Do total destes trabalhos, e em cada um dos SNEFs, a maioria relativa foi classificada, dentre as quatro categorias adotadas pela autora, como “*Inovações Curriculares e Didáticas*”, ou seja: “... *trabalhos que, obrigatoriamente, ou se referem a experiências efetivamente realizadas em algum nível de escolarização ou trazem sugestões de como levá-las à sala de aula.*” (Pierson, 1997, p. 90). É, portanto, expressiva a quantidade de iniciativas que procuram aproximar o conteúdo dos programas de Física de situações vividas pelos alunos no seu cotidiano, ficando cada vez mais claro para uma quantidade crescente de professores que o conhecimento trabalhado na escola deve ter a função de instrumentalizar o aluno para a sua melhor compreensão e atuação na sociedade contemporânea.

Há uma outra característica a ser destacada nesta tendência, não necessariamente presente em todos os trabalhos mencionados. Pierson analisa aqueles que adotam como balizadores da ação educativa premissas contidas na concepção de educação de Paulo Freire, do qual o GREF é um dos exemplos, aos quais denominou como constituintes da “*Abordagem Temática*” (Pierson, 1997). Caracterizam-se além de trabalhar a partir de temas, pelo uso sistemático e estruturador da *dialogicidade* e da *problematização* conforme proposta de Freire (1975).

De modo semelhante a Snyders, Freire também defende a articulação de conhecimentos com temas, aos quais denomina de *temas geradores* (Freire, 1975), ao se planejar as atividades de ensino. Enfatiza a necessidade de um trabalho constante e sistemático com o conhecimento prévio do aluno, através do processo de *codificação-problematização-descodificação* (Freire, 1975). Este processo caracteriza-se pela articulação sistemática das situações envolvidas nos temas e deve ser planejado de modo que sejam exploradas tanto a dimensão dialógica do ato educativo, como a dimensão problematizadora do ato gnoseológico. O que se pretende com este processo é: primeiro, a apreensão pelo educador do significado atribuído pelo aluno às situações, enquanto uma interpretação oriunda da imersão do educando nas suas relações cotidianas, de modo que possa ser problematizada

sistematicamente. Segundo, a apreensão pelo aluno, via problematização - que explicitamente envolve a formulação de problemas a serem enfrentados - de uma interpretação oriunda de conhecimentos universais, que será introduzida pelo professor no processo de problematização e que já foi previamente planejada e estruturada em unidades de ensino. Esta compreensão do processo de codificação - problematização - descodificação permite uma sistematização das atividades didático - pedagógicas no tratamento de temas e conteúdos programáticos que mais adiante será abordada, como um exemplo.

De acordo com a interpretação de Freire (1975), os pronunciamentos do educando relativos ao que seria a sua cultura primeira, refletiriam a sua *consciência real efetiva* (Goldmann, 1980) da situação representada. Essa consciência real efetiva que Freire considera é uma categoria de análise que Goldmann (1980) conceitua e refere-se a uma consciência de classe. Freire a emprega para analisar e interpretar que os pronunciamentos sobre a situação não dizem respeito somente aos particulares alunos que se expressaram, mas sim como representativos do meio sócio-cultural com o qual os alunos mais freqüente e predominantemente mantêm relações. Seria, portanto, uma situação significativa que é vivida e apreendida segundo seus padrões de interação: “*A consciência real efetiva resulta de múltiplos obstáculos e desvios que os diferentes fatores da realidade empírica impõem e infligem à realização da consciência possível*” (Goldmann, in Freire, 1975, p.126). A sua superação, então, ocorreria através de uma *consciência máxima possível* (Goldmann,1980) envolvendo rupturas que o processo de codificação-problematização-descodificação deve se ocupar. É precisamente neste aspecto que a cultura elaborada associada a está dinâmica didático-pedagógica tem seu papel a desempenhar.

Na atividade diária da sala de aula o processo de codificação-problematização-descodificação é estruturado com o auxílio do que se denominou *momentos pedagógicos* (Delizoicov, 1991), e que vêm sendo empregados em vários projetos de ensino . Constituem-se em três momentos, estruturalmente relacionados, com as seguintes características:

### **Problematização Inicial**

Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam, e que estão envolvidas nos temas, e que também exigem a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias físicas para interpretá-las. Neste momento problematiza-se o conhecimento que os alunos vão expando, de modo geral a partir de poucas questões propostas, inicialmente discutidas num *pequeno grupo*, para após explorarem-se as posições dos vários grupos com toda a classe, no *grande grupo*.

Neste primeiro momento, caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos frente às questões em pauta, a função coordenadora do

professor se volta mais para questionar posicionamentos, inclusive fomentando a discussão das distintas respostas dos alunos, e lançar dúvidas sobre o assunto, do que para responder ou fornecer explicações. Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado, quando este é cotejado com o **conhecimento de física que já foi selecionado para ser abordado**. Em síntese a finalidade deste momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão.

O ponto culminante desta problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um *problema* que precisa ser enfrentado.

### **Organização do Conhecimento**

Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são empregadas neste momento de modo que o professor possa desenvolver a conceituação física identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. É neste ponto que a resolução de problemas de lápis e papel pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos.

### **Aplicação do Conhecimento**

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior as mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando a generalização da conceituação que foi abordada no momento anterior, inclusive formulando os chamados problemas abertos. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos a ir empregando os conhecimentos na perspectiva de formá-los a articular constante e rotineiramente a conceituação física com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas físicas. Independentemente do emprego do aparato matemático disponível para se enfrentar esta classe de problemas, a identificação e emprego da conceituação envolvida, ou seja, o suporte teórico fornecido pela física é que está em pauta neste momento. **É o potencial explicativo e conscientizador das teorias físicas que deve ser explorado.**

Esta perspectiva de abordagem temática articulada com o emprego dos três momentos pedagógicos foi desenvolvida na referida disciplina do Curso de Formação Continuada Para Professores de Física do Projeto Pró-Ciências da UFSC. O planejamento e execução desta disciplina, na verdade organizada em torno de um workshop, foi subsidiada pela proposta contida no livro *Física* (Angotti e Delizoicov, 1991) produzido no âmbito do “*Projeto Diretrizes Gerais para o ensino de 2º grau: Núcleo Comum e Habilitação Magistério*” desenvolvido entre os anos 1985-88 pela Secretaria do Ensino de 2º Grau do MEC.

O livro caracteriza-se mais propriamente como um *subsídio* para os professores de física do ensino médio. A partir de um tema central, qual seja *Produção, distribuição e consumo de energia elétrica*, apresenta uma proposta de Abordagem Temática, conforme a classificação elaborada por Pierson (1997).

O tema central possibilitou a elaboração de um programa para o ensino de física dos três anos da escola média, que inclui a Física Moderna, de modo a “*subsidiar um trabalho didático-pedagógico que permita tanto a apreensão dos conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, bem como a sua aproximação com fenômenos ligados a situações vividas pelos alunos, sejam as de origem natural, sejam as de origem tecnológica.*” (Angotti e Delizoicov, 1991, p.13).

A articulação entre o tema, situações significativas e a conceituação física é realizada fazendo-se o uso dos *conceitos unificadores*. Tais conceitos, conforme Angotti (1991) os fundamenta, são supra disciplinares e estão presentes no corpo interno dos conhecimentos produzidos pela física e demais ciências da natureza, permitindo uma articulação orgânica de conhecimentos específicos. Angotti identifica e caracteriza quatro desses conceitos: transformações, regularidades, energia e escala. A argumentação do autor quanto ao seu uso é a seguinte:

“*O que propomos é a eleição de alguns conceitos que, na formação dos professores podem se constituir em balizas ou âncoras, tanto para aquisições do saber em ciências naturais como para minimizar excessos de fragmentações no pensamento dos estudantes. ... Ainda, para as grandes maiorias escolarizadas que não prosseguem estudos ligados a Ciência e Tecnologia, os conceitos unificadores poderão permitir novas entradas e percepções, uma vez que muito mais abertos e relacionais do que os chamados ‘conteúdos’.*” (Angotti, 1993, pp.191-192).

O livro apresenta sugestões para a organização do trabalho docente na abordagem da temática central, estruturadas a partir do tratamento do tema em dois níveis, aos quais os autores denominaram *visão de extensão e visão de profundidade*, desenvolvidas respectivamente através de um *texto introdutório* e de *21 tópicos, organizados em 6 unidades*.

O texto introdutório “ *Produção, distribuição e consumo de energia*

*elétrica' é apresentado para fornecer aos alunos uma visão de extensão, da amplitude da Física. Nele são citadas definições, conceitos, relações e leis, com o intuito de mostrar, de um lado, a historicidade do conhecimento construído, procurando estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade; de outro lado, procura-se mostrar que esse conhecimento, embora não acabado, tem uma estrutura própria e que, uma vez apreendido, foi e continua sendo usado tanto em aplicações tecnológicas como nas interpretações dos fenômenos naturais e das próprias aplicações tecnológicas. ... O conhecimento em profundidade, compatível com o 2<sup>o</sup> grau, será abordado nas unidades e nos tópicos propostos. ... [As] orientações ao professor detalham indicações metodológicas para o desenvolvimento dos conteúdos a nível teórico e experimental. Essas indicações são pautadas por três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.” (Angotti e Delizoicov, 1991, pp. 27-28).*

Os 21 tópicos foram estruturados nas seguintes unidades:

- 1 - QUEDA D'ÁGUA - cinco tópicos
- 2 - RODA D'ÁGUA - dois tópicos
- 3 - CICLO DA ÁGUA - quatro tópicos
- 4 - ENERGIA ELÉTRICA - quatro tópicos
- 5 - GERADORES E DÍNAMOS - dois tópicos
- 6 - TRANSPORTE DE ENERGIA - quatro tópicos

É apresentada também uma bibliografia bastante completa, uma vez que a proposta não é determinada por orientações de livros didáticos, mas recorre-se a eles com o objetivo de utilizá-los como instrumentos que contribuem para o desenvolvimento do trabalho docente.

No referido workshop do curso de formação continuada, trabalhou-se com os professores o tópico - 1 “*Aparelhos elétricos*, da unidade - 4 “*Energia Elétrica*”, na qual em seus quatro tópicos tem como meta “... *discutir e caracterizar as transformações da energia elétrica em outras formas de energia nos aparelhos elétricos, em especial nos resistivos.*” Subsidiado pela proposta contida no livro de eletromagnetismo do GREF, este tópico – 1 do livro *Física* (Angotti e Delizoicov, 1991, pp. 117-123) é desenvolvido através dos três momentos e tem como objetivos:

*“Listar e classificar aparelhos eletrodomésticos quanto aos efeitos observados durante o seu funcionamento. Caracterizar grupos de aparelhos quanto à forma preponderante de energia transformada, a partir da elétrica. Decodificar as unidades de medidas impressas nos aparelhos e relacioná-las com as respectivas grandezas. Reconhecer a extensão dos conceitos de frequência e potência usados*

*em áreas distintas da Física.”*

Este tópico inicia o curso de eletricidade articulando uma compreensão sobre os aparelhos eletrodomésticos com aspectos da produção e distribuição da energia a partir de uma usina hidrelétrica, apresentados no texto introdutório. Identifica e começa a trabalhar com as grandezas diferença de potencial, corrente elétrica, frequência e potência, a partir de suas unidades registradas nos aparelhos eletrodomésticos. Nos três tópicos seguintes da unidade são contemplados todos os outros conteúdos relativos à eletrodinâmica e que normalmente constituem os programas de física do nível médio. As leis do eletromagnetismo são abordadas, na mesma dinâmica, na unidade seguinte, *Geradores e Dinamos*.

O desenvolvimento do tópico *Aparelhos elétricos* permitiu, além de apresentar uma proposta de ensino que contempla os aspectos da *problematização* aqui em questão, realizar discussões com os professores, considerando limites e possibilidades, sobre a viabilidade da implantação de uma prática docente direcionada por esta perspectiva de ensino. Numa análise distanciada do que fora a abordagem com eles praticada ao se desenvolver o tópico, os aspectos essenciais dissertados ao longo deste capítulo foram também considerados no workshop, procurando-se fundamentar os principais pontos da proposta.

Ainda que a influência deste tipo de atuação na prática pedagógica dos professores participantes do curso de formação continuada não foi, ainda, avaliada, podemos dizer que estes aceitaram o desafio de elaborar e aplicar junto aos seus alunos um módulo de ensino – planejado para ser desenvolvido em torno de oito horas aula - estruturado a partir dos três momentos, escolhendo a temática/situações relacionadas com a programação que já estava planejada no seu trabalho na escola. Nos cursos de 1997 e 1998 estes módulos, elaborados em reuniões de trabalho por equipes de professores que tinham os mesmos temas/situações, sob orientação da equipe de docentes de física da UFSC engajados no projeto Pró-Ciências, foram aplicadas em suas respectivas escolas e constituíram parte da avaliação do desempenho destes professores nos cursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril Cultural (1978) Vida e obra. In: *Bachelard*. S. Paulo, Abril Cultural. (Coleção Os Pensadores).

Angotti, J. A. P. (1991) *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. S. Paulo. Faculdade de Educação da USP. Tese de doutorado. (mimeo).

Angotti, J. A. P. (1993) Conceitos unificadores e ensino de física. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Vol 15.

- Angotti, J. A. P. e Delizoicov D, (1991) *Física*. S. Paulo. Cortez
- Bachelard, G. (1977) *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro, Zahar.
- Bachelard, G. (1978) *O novo espírito científico*. S. Paulo, Abril Cultural. (Coleção Os Pensadores).
- Bachelard, g. (1983) *Epistemologia – trechos escolhidos*, preparado por Dominique Lecourt. Rio de Janeiro, Zahar,
- Bachelard, G. (1996) *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro, Contraponto.
- Delizoicov, D. (1983) Ensino de física e a concepção freiriana da educação. In: *Revista de Ensino de Física*, 5(2).
- Delizoicov, D. (1991) *Conhecimento, tensões e transições*. S. Paulo, Faculdade de Educação da USP. Tese de doutorado. (mimeo)
- Delizoicov, D. (1996) O interacionismo na construção dos paradigmas. *Proposições*, 1(19), 84-94.
- Einstein, A. & Infeld, L. (1966) *A evolução da física*. Rio de Janeiro, Zahar.
- Goldmann, L. (1980) *Ciências humanas e filosofia*. S. Paulo, Cortez.
- Landau, L. & Rumer, I. B. (1986) *O que é Teoria da Relatividade*. Moscou, Mir. (Coleção A ciência ao alcance de todos).
- Kuhn, T. (1975) *A estrutura das revoluções científicas*. S. Paulo, Perspectiva.
- Pernambuco, M.M.C.A (1993) Quando a troca se estabelece - a relação dialógica. In: *Ousadia no diálogo*. Org. Nidia Pontuschka. S. Paulo. Edições Loyola.
- Pernambuco, M.M.C.A (1993) Significações e realidade: conhecimento. In: *Ousadia no diálogo*. Org. Nidia Pontuschka. S. Paulo. Edições Loyola.
- Pierson, A. H.C. (1997) *O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física*. S. Paulo. Faculdade de Educação da USP. Tese de Doutorado. (mimeo).
- Pfundt, H. & Duit,R. (1994) *Bibliography Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel, Institute for Science Education.
- Zylbersztajn, A. (1991) Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula. In: *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre, Sagra.
- Zylbersztajn, A. (1998) Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: *Atas do VI EPEF*. Florianópolis. (CD-rom).