

SERÃO AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICÁVEIS AOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA?

Guilherme Brockington [mercer112@hotmail.com]^a

Maurício Pietrocola [mpietro@usp.br]^b

^a USP - Instituto de Física/Faculdade de Educação

^b USP - Faculdade de Educação

RESUMO

Este trabalho, parte de uma dissertação de mestrado em andamento, faz uma breve apresentação do conceito de Transposição Didática, proposto por Yves Chevallard, e levanta alguns questionamentos acerca de sua utilização para analisar a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Apontamos alguns elementos que questionam a aplicabilidade de suas regras aos temas desta “nova” Física e propomos a criação de uma nova regra para que esta ferramenta de análise seja adaptada para estes novos saberes.

1 - INTRODUÇÃO

Há, no mínimo, 15 anos pesquisas em Ensino de Física apontam para a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio¹. Assim, os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas trouxeram a legitimidade necessária para o tratamento desta questão. Entretanto, são poucas as tentativas de implementação de tópicos relacionados a esta parte da Física. Estamos Tateando, andando muito lentamente, como se nos movêssemos no escuro, temendo demais cada novo passo. Talvez a discussão em pauta atualmente deva centrar-se no "como fazer" e não mais no "por que fazer" ou "para que fazer".

Certamente, ninguém é capaz de dizer que se trata de uma tarefa simples. Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, mas também por uma insegurança inerente a qualquer tentativa ousada de mudança. Junta-se a isso, nosso Sistema de Ensino que, na maioria das vezes, dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação.

Os professores, na maioria das vezes, estão presos a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade. Seja por prescrições de conteúdo, horários ou especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cerceado pelas condições que lhe são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a esquizofrenia do vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e dos currículos.

Desta forma, cada inovação curricular se torna uma pequena batalha travada entre professores, escola e alunos. Infelizmente, na maioria das vezes, é uma guerra de derrotados, sem qualquer vencedor. Como não se vence uma batalha sem conhecer bem seus inimigos, buscamos um aliado que fosse capaz de fazer com que pudéssemos entender melhor o processo de inserção de conhecimentos científicos na escola: a Transposição Didática. Acreditamos que ao compreender melhor como a produção científica migra da comunidade acadêmica para a sala de aula, estaremos

¹ VEIT et al, 1987; STANNARD, 1990; TERRAZZAN, 1992; OSTERMANN E MOREIRA 2001

mais capacitados para propor uma inserção efetiva de conceitos de Física Moderna (FM) no Ensino Médio.

Partindo desse contexto, como parte de um trabalho de mestrado ainda em fase de coleta e análise de dados, buscamos fornecer subsídios que nos permitam aumentar a chance de vencermos uma batalha que nos possibilite ganhar a guerra contra esse ensino propedêutico e desinteressante alojado em nossas escolas.

2 - A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A teoria da Transposição Didática foi formulada originalmente pelo sociólogo Michel Verret, em 1975. Porém, em 1980, o matemático Yves Chevallard faz uso desta teoria, levando-a para o âmbito da Didática da Matemática. Em seu trabalho, Chevallard analisou como o conceito de distância nasce no campo da pesquisa em matemática pura e como reaparece depois no contexto do ensino de matemática. Ele define a Transposição Didática como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos currículos e livros didáticos (o Saber a Ensinar) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado). Ele analisa modificações que o saber produzido pelo “sábio” (o cientista) sofre até este ser transformado em um objeto de ensino.

Um conceito ao ser transferido, transposto, de um contexto ao outro, sofre severas modificações. Ao ser apresentado no ensino, tal conceito guarda semelhanças com a idéia original nascida no contexto da pesquisa, porém já não é mais o mesmo conceito. Esse processo de transposição transforma o saber, dando-lhe uma outra “cara”, promovendo um novo contexto epistemológico.

Ao se trabalhar no o Ensino de Ciências, acostuma-se com esse saber “modificado”. Desta forma, torna-se de suma importância ter maior compreensão do processo de transposição.

Em cada época é necessário que o conhecimento científico escolar esteja fundamentado no conhecimento produzido pelos cientistas, e que esse já tenha sido aceito de uma forma consensual pela comunidade científica. A pesquisa em Física induz a um Ensino de Física que deva, a princípio, ser sua própria imagem e semelhança. A partir disso idéias, conceitos, teorias, são então transpostos para o contexto das escolas e materiais didáticos. Desta forma, o conhecimento acadêmico deve então ser “adaptado” para o ambiente das salas de aula. Isso pode sugerir a idéia de que o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado sejam pouco diferentes daqueles presentes nos laboratórios e grupos de pesquisa.

Tal idéia parece surgir da necessidade de simplificar um conhecimento extremamente complicado. Essa forma de conceber o ensino traz embutida a idéia de simplificação do saber.

“À primeira vista somos levados a interpretar que o saber a ensinar é apenas uma mera “simplificação ou trivialização formal” dos objetos complexos que compõem o repertório do saber sábio”. (PINHO, 2000, p.225)

Para Pinho, esta visão simplificada “é equivocada e geradora de interpretações ambíguas nas relações escolares, pois revela o desconhecimento de um processo complexo de transformação do saber”.²

Para o aluno esta idéia de simplificação do conhecimento transforma-se em um obstáculo ainda maior. A imensa maioria dos conceitos apresentados aos alunos tem pouco, às vezes nenhum, significado para eles. Assim, aquilo que lhes é ensinado difere totalmente do que vivenciam fora da escola. Com isso, raramente conseguem aplicá-los em qualquer outra situação que não sejam aquelas fornecidas dentro da sala de aula. As famosas “condições ideais” só existem nos livros, de maneira que

“(..) os exercícios ou problemas jamais tratarão de casos reais, estabelecendo sempre situações ideais. Algumas observações são muito freqüentes ao longo da dinâmica no Ensino Médio, como:

exclua a resistência do ar;

considere o plano perfeitamente liso e sem atrito;

despreze as dimensões do corpo e;

considere o valor de g constante durante o movimento”. (OFUGI, 2001, p.65)

No entanto, suposta “simplificação” gera, na verdade, um novo saber, com novo estatuto epistemológico, o Saber Escolar.

“O que percebemos é que não existe uma neutralidade na apresentação dos conteúdos, e sim a criação de uma Física Escolar, que embora possua vínculos com a Física Científica, se mostra completamente modificada e transformada”. (OFUGI, 2001, p.68)

Mais que razoável, é até desejável que ocorra a produção de um novo saber, mesmo com os riscos que surgem nesta criação. Como as motivações e objetivos de se ensinar e aprender ciências são extremamente diferentes do fazer científico, há uma mudança de nicho epistemológico do conhecimento. Por isso, mesmo o Saber Ensinado sendo fruto do Saber Sábio não implica que deverão ser idênticos. Assim, ao se comparar o conhecimento com toda sua base científica com aquele que chega até às escolas, surge a idéia de que o que é ensinado é uma mera simplificação do conhecimento científico.

Existem também muitas atividades, objetos e áreas de estudo que são produzidas para o ensino, mas que não têm equivalente na área de pesquisa. Cria-se uma situação de ensino que guarda alguma relação com o conhecimento de sua área específica, mas na verdade este objeto não possui sua identidade na área da pesquisa em Física. Ele “existe” apenas como uma criação didática. Por exemplo, como diz OFUGI:

“Boa parte dos exercícios de Cinemática e Termometria, por exemplo, nunca foram objeto de estudo da Física. Não existe nenhum grupo de físicos estudando transformações de escalas termométricas, nem tampouco algum que tenha como objeto de pesquisa o tempo de queda de uma lasca de madeira que se solta de uma

² PINHO, 2000, p.225

ponte [Cálculos como esse ou similar estão presentes em vários livros do Ensino Médio quando o tema MRUV ou Queda-Livre é tratado]”. (OFUGI, 2001, p.67)

Tudo isso não quer dizer que não exista alguma simplificação no processo de inserção de conceitos científicos em sala de aula. Ou seja, há realmente alguma forma de conhecimento simplificado. Um dos motivos que justificam essa simplificação é decorrente, por exemplo, da carga horária. Tal simplificação não é apenas de caráter conceitual, mas é a única saída que se tem quando deve-se fazer caber três ou quatro séculos de Física em duas ou três aulas semanais.

Desta forma, analisar a evolução do saber que se encontra na sala de aula através da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora. Para Chevallard, isso equivale à capacidade, e necessidade constante, do professor exercer uma vigilância epistemológica em seu magistério. A Transposição Didática é para o professor

“[...]uma ferramenta que permite recapacitar, tomar distancia, interrogar as evidências, pôr em questão as idéias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo. Em uma palavra, é o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica”. (CHEVALLARD, 1991, p.16)

3 - ANATOMIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Chevallard mostra que a forma com que se relaciona o saber ensinado e o saber sábio é um dos pontos mais fundamentais de questionamento em toda a didática. Estas relações se dão dentro de um ambiente que configura um contexto escolar, o Sistema Didático, que é um pequeno universo que se encontra dentro de um ambiente externo, o Sistema de Ensino. Este último é tido como “algo” mais amplo, por exemplo, as escolas e o sistema educacional de um país, que acaba sempre por influenciar o Sistema Didático.

“O entorno imediato de um sistema didático está constituído inicialmente pelo sistema de ensino, que reúne o conjunto de sistemas didáticos e tem ao seu lado um conjunto diversificado de dispositivos estruturais que permitem o funcionamento didático e que intervem nos diversos níveis”. (CHEVALLARD, 1991, p.27)

O Sistema de Ensino também se encontra inserido dentro de um contexto ainda mais amplo e complexo, a Sociedade.

A mediação entre a sociedade e o Sistema de Ensino é realizada pela noosfera, que podemos considerá-la como o ambiente onde

“se encontram todos aqueles que, tanto ocupam os postos principais do funcionamento didático, se enfrentam com os problemas que surgem do encontro da sociedade e suas exigências; ali se desenvolvem os conflitos; ali se levam a cabo as negociações; ali se amadurecem as soluções”. (CHEVALLARD, 1991, p.28)

O Sistema de Ensino era, até então, tido como binário, composto pelo professor e o aluno. Como era um sistema que continha apenas seres humanos, analisar suas relações tornava-se algo extremamente complexo. Desta forma, as falhas e imperfeições humanas eram refletidas no ensino de maneira que os conflitos ali existentes passavam a serem vistos como algo inerente a esse tipo de relações. Porém, para Chevallard, o pensamento e construção do objeto de ensino se configuram

tendo como base um sistema ternário. Ou seja, essa manufatura do saber escolar acontece numa relação contendo três elementos: o professor, o aluno e o saber ensinado.

“[...] uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber, pode formular-se uma pergunta que concede à polêmica seu verdadeiro interesse: O que é então aquilo que, no sistema didático, se coloca sob o estandarte de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação entabula com o que se proclama dele fora desse âmbito? E que relação entabula então com o “saber sábio”, o dos matemáticos? Quais distâncias existem entre um e outro?”. (CHEVALLARD, 1991, p.15)

Chevallard mostra que para realmente compreendermos as relações que ocorrem dentro do Sistema de Ensino deveríamos incluir o saber como elemento fundamental nesse processo. Ao compreendermos as alterações sofridas pelo saber desde sua criação na comunidade científica até sua chegada nas salas de aula temos em mãos um bom instrumento para avaliar os impactos que este causa nos alunos. Assim, acreditamos sermos mais capazes de dar significado a esses conhecimentos apresentados nas escolas.

3.1 - A Noosfera

Em sua análise, Chevallard define três esferas ou patamares de saber: Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado. Cada uma destas esferas tem seus agentes pertencentes a diferentes grupos sociais, com interesses distintos, e que com regras próprias influenciam nas mudanças sofridas pelo saber. Porém, ao longo de toda a trajetória percorrida pelo conhecimento científico existem fatores externos ao sistema escolar, inseridos em um ambiente mais amplo, onde todas as três esferas coexistem e se influenciam.

Nem tudo que chega deste ambiente externo tem reflexo na sala de aula. Os agentes reguladores, determinantes para a seleção e, principalmente, para as modificações que o Saber Sábio sofrerá, são os componentes dos bastidores de todas as mudanças, a noosfera. Nela encontram-se todos aqueles que, de uma forma ou de outra, influenciam nos rumos do ensino, fazendo com que o Saber Sábio se modifique até chegar às escolas.

Ela é composta por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros. Cada esfera dos saberes possui seus próprios grupos de integrantes da noosfera, podendo haver ou não uma sobreposição entre grupos de esferas diferentes.

Todo esse trabalho de mudança e adequação é executado por pessoas que são personificados na figura da noosfera. Ela atua como um mediador entre duas instâncias importantes, que são as necessidades e anseios da sociedade e o funcionamento do sistema escolar. Pode-se, então, dizer que

“A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido, a noosfera desempenha um papel de obstáculo”. (CHEVALLARD, 1991, p.34)

3.2 - As Esferas do Saber

Veremos agora cada uma das esferas de saber propostas por Chevallard, bem como os membros da noosfera que participam de cada um destes domínios.

i - O Saber Sábio

Para um conhecimento científico figurar dentre aqueles apresentados aos alunos é necessário que ele possua um balizador, uma fonte de referência produzida pela comunidade científica. O Saber Sábio é, então, aquele que aparece em revistas especializadas, congressos ou periódicos científicos. Este tipo de saber nasce da produção e trabalho de cientistas e intelectuais, que mesmo possuindo diferenças idiossincráticas ou diferentes visões de Ciências, fazem parte de um mesmo nicho epistemológico.

Trata-se, assim, de um saber que é desenvolvido por cientistas nos institutos de pesquisas, e que passa pelo julgamento da comunidade científica com sua legislação e regras próprias. Por isso, o Saber Sábio possui especificidades intrínsecas deste ambiente onde ele é gerado.

ii - O Saber a Ensinar

O Saber Sábio ao ser transformado para ser levado para o ambiente escolar torna-se um outro tipo de saber, passando a fazer parte da esfera do Saber a Ensinar. Este saber está ligado a uma forma didática que serve para apresentá-lo ao aluno. O Saber a Ensinar é, então, o saber que aparece nos programas, livros didáticos e materiais instrucionais.

A esfera do Saber a Ensinar tem uma composição extremamente diversificada. Esta heterogeneidade pode ser uma fonte de conflitos, visto que seus membros lutam sempre em defesa de seus interesses, que nem sempre estão em sintonia. Podemos considerar como integrantes desta esfera os autores de livros didáticos e divulgação científica, os professores, os especialistas de cada área, todo o staff governamental envolvido com educação e ciências e, até mesmo, a opinião pública.

iii - O Saber Ensinado

O saber que é registrado no plano de aula do professor e que, não necessariamente, coincide com aquele previsto nos programas ou livros didáticos é o Saber Ensinado. Ou seja, quando o professor efetivamente insere em suas aulas o Saber a Ensinar ele então produz o Saber Ensinado.

“O fato de saber a ensinar estar definido em um programa escolar ou em um livro texto não significa que ele seja apresentado aos alunos desta maneira. Assim identifica-se uma segunda Transposição Didática, que transforma o saber a ensinar em “saber ensinado”. (PINHO, 2000, p.220)

Nessa esfera há, portanto, a predominância de uma preocupação didática, pois agora a finalidade desta transposição está voltada para o trabalho do professor em sua prática diária. Assim, a “didática entra nessa relação como uma forma de otimizar as conexões do aluno, frente às informações que se deseja repassar”.³

³ OFUGI, 2001, p.80

Na esfera do Saber Ensinado todos os seus membros convivem em um mesmo ambiente que é a própria instituição escolar. Fazem parte destes grupos os proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais, a comunidade dos pais e os professores. Assim, o professor, desde o instante em que monta suas aulas, tem que fazer a mediação entre os interesses dos membros desta esfera e os fins didáticos de sua prática.

4 - A SOBREVIVÊNCIA DOS SABERES

A Transposição Didática funciona como uma ferramenta de análise capaz de refazer o trajeto de um saber quando esse sai de seu ambiente de origem e chega até a sala de aula. Porém, nem todos os saberes do domínio do Saber Sábido farão parte do cotidiano escolar. O papel da noosfera na seleção dos saberes é imprescindível, e também deve ser levado em conta os múltiplos fatores de influência destas escolhas. Fatores que vão desde interesses políticos e comerciais, passando pelos anseios de uma sociedade que acredita na escola, até os interesses pedagógicos inerentes ao magistério.

O principal objetivo da noosfera é a otimização do ensino, buscando uma forma eficiente de conduzir o processo de ensinar e aprender. Sendo assim, a Transposição Didática também fornece indícios de características relevantes para que um determinado saber fique presente nos livros didáticos e salas de aula, ou seja, mostra quais as características que um Saber a Ensinar deve possuir.

Inicialmente, podemos dizer que para o Saber Sábido se transformar em Saber a Ensinar ele deve ser *Consensual*.

Ao se ensinar Física o aluno não pode ficar em dúvida se aquilo que ensinamos está correto ou não. Assim, este conteúdo deve ter, pelo menos neste momento, um status de verdade. Isso indica o porque de não estar presente nas salas de aula temas considerados pontos de fronteira. Temas relacionados à Astrofísica e Cosmologia, como Big Bang, podem até aparecer nos livros didáticos por uma imposição editorial, mas quase nenhum professor trata de tais assuntos em suas aulas.

Um Saber Sábido para ser transposto deve estar de acordo com dois “tipos” de *Atualidade*:

Atualidade Moral:

Esse saber deve estar adequado à sociedade. A atualidade moral diz respeito a um tipo de conhecimento que a sociedade consiga ver como importante para estar no currículo. Caso ocorra uma inadequação desse saber, corre-se o risco de a sociedade não ver a necessidade dele estar presente nas escolas. Deve-se ficar claro que a questão aqui é de adequação, e não de se determinado saber é bom ou ruim.

Atualidade Biológica:

O saber deve possuir uma atualidade em relação à ciência. Assim, ensinar ondas eletromagnéticas utilizando o éter ou terminologia usando o calórico como modelos científicos, exceto em uma perspectiva histórica, configura-se uma inadequação biológica. O mesmo

aconteceria se se ensinasse Física Atômica utilizando o modelo de Thomson ou Rutherford. Estes seriam conhecimentos inadequados, pois são modelos ultrapassados.

O Saber a Ensinar deve ser ***Operacional***.

Operacionalidade:

Um saber que é capaz de gerar exercícios, produzir atividades e tarefas que possibilitem uma conceituação objetiva tem grandes chances de ser transposto. Conteúdos que não conseguem ser avaliados estão fadados a não serem transpostos. Pode-se até montar uma seqüência didática considerada boa, com conteúdos e atividades tidas como interessantes, porém não sendo operacionalizáveis não se consegue fazer o aluno trabalhar com ela. Assim, corre-se o risco de o aluno considerar aquele conteúdo sem importância, desistindo de disponibilizar forças para aprendê-lo.

Um Saber Sábio deve permitir que haja uma ***Criatividade Didática***, para que seja transposto para o contexto escolar.

Criatividade Didática:

Implica a criação de um saber com identidade própria do contexto escolar. Existem muitas atividades e áreas de estudo que são produzidas para o ensino, mas que não têm equivalente na área de pesquisa, como as atividades de resolução de associação de resistores em circuitos elétricos, ou a transformação de escalas termométricas.

Cria-se uma situação de ensino que guarda alguma relação com o conhecimento de sua área específica, mas na verdade este objeto não possui sua identidade na área da pesquisa em Física. Ele “existe” somente no contexto do ensino, configurando-se assim uma criatividade didática. Citamos como exemplo a Cinemática, fruto de uma criatividade didática monumental. É consensual, possui uma alta operacionalidade e capacidade de avaliação, de forma que há um maior investimento em atividades de ensino na escola quando se trata deste tema.

O Saber a Ensinar deve também passar por uma questão ***Terapêutica***.

Terapêutica:

A idéia central aqui é escolher e manter objetos de ensino e atividades que deram certo. O que dá certo, dentro das características que ressaltamos, se mantém na escola, o que dá errado acaba ficando de fora.

Isso pode indicar porque a FMC ainda não está presente nas escolas. Talvez porque ainda não se conseguiu fazer com que estes tópicos dêem certo. Com isso, eles continuam nos livros, nos PCNs, porém não estão presentes nas salas de aula. Enquanto a Cinemática, a tabela periódica e classificação dos seres vivos perduram há tanto tempo, mesmo sendo consensual seu alto grau de desestímulo e ausência de significação para o aluno. Estes conteúdos deram certo no sentido de que se é possível fazer uma série de exercícios, questões de prova, de modo que se pode avaliar, de forma objetiva, se um aluno acertou ou errou.

5 – AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

PINHO⁴ nos mostra que ASTOLFI⁵ elaborou 5 regras da Transposição Didática, que têm uma ligação direta com as características apresentadas acima. Essas regras são:

Regra I. Modernizar o saber escolar.

Os novos saberes que surgem no âmbito das pesquisas científicas que são utilizados pelas indústrias e novas tecnologias devem estar contidos nos livros didáticos, criando uma aproximação da produção acadêmica com o que é apresentado na escola.

“A introdução de tópicos como “código de barras, funcionamento de um CD, termômetros óticos, fotocopidora...”, por exemplo, são os indicativos de uma modernização do saber a ensinar”. (PINHO, 2000, p.235).

Regra II . Atualizar o saber a ensinar.

Ao fazer a revisão de um livro didático deve-se ir além de apenas acrescentar novos saberes. Há a necessidade de se eliminar alguns saberes que já estão descartados por estarem demais banalizados.

“Alguns objetos do saber, com o passar do tempo, se agregam a cultura geral que, de certa forma, passa a dispensar o formalismo escolar. Outros perdem o significado por razões extracurriculares e/ou escolares.[...] Regra que poderia ser entendida como a “luta contra obsolência didática””. (PINHO, 2000, p.236)

Regra III. Articular o saber “novo” com o “antigo”.

O Saber Sábio mais provável de ser transposto é aquele que permite uma maior articulação deste novo conhecimento com o velho, já cristalizado no contexto escolar, bastando reorganizar alguns de seus elementos.

“A negação radical de um dado conteúdo gera sentimento de desconfiança, de dispensável, de prescindível por parte do estudante, fazendo-o evitar esforços no seu aprendizado”. (PINHO, 2000, p.237)

Regra IV. Transformar um saber em exercícios e problemas.

O Saber Sábio capaz de permitir a criação de uma ampla variedade de exercícios e atividades didáticas tem uma maior chance de ser selecionado para a transposição que aquele menos operacionalizável.

“A aquisição e domínio deste saber, por parte do estudante, deve ser confirmada pela sua habilidade na solução de exercícios e problemas, cuja resposta envolve um resultado numérico do tipo “certo ou errado””. (PINHO, 2000, p.238)

⁴ PINHO, 2000, p.234

⁵ ASTOLFI, 1997

Regra V. Tornar um conceito mais compreensível.

A Transposição Didática deve ser capaz de facilitar a aprendizagem de conceitos.

“Neste processo são criados objetos didáticos que permitem inserir elementos novos e facilitadores do aprendizado, assim como utilizar uma matemática adequada para aqueles que estão sendo iniciados neste tipo de saber”. (PINHO, 2000, p.238)

Apresentamos as regras de seleção e alguns critérios de escolha do saber que ficará presente no contexto escolar. Em geral, o conhecimento que fica tem, pelo menos em grande parte, essas características: é consensual e atual, é fruto de uma criatividade didática, de maior ou menor grau, e passa pela questão terapêutica, pois foi aplicado e deu minimamente certo.

A Transposição Didática nos fornece critérios mínimos para que um conhecimento transposto sobreviva no Sistema Didático. Se realmente o que fica na sala de aula preenche esses quesitos, então isso justifica porque o conhecimento “velho” é preferível aos novos conceitos. O conhecimento “velho”, devido ao tempo de manuseio, é mais fácil de ser operacionalizável que o novo conhecimento.

A renovação curricular é muito menor justamente pela maior dificuldade em se produzir atividades e seqüências que dêem certo. Para trocarmos um saber, como a Cinemática, é necessário colocarmos algo equivalente em operacionalidade em seu lugar. Assim, procura-se substitutos dentro do próprio Sistema Didático, recorrendo ainda a conhecimentos “velhos”, deixando de fora os conteúdos atuais.

Deve-se, mais uma vez, deixar claro que a Transposição Didática é uma ferramenta de análise. Não há aqui um sentido de valoração, de bom ou ruim. Ela só permite dizer como se dá o processo de inclusão de saberes no ambiente escolar, e não diz se o que se tem é um bom ou mau conteúdo. Dar certo significa que se adaptou ao novo ambiente no qual foi inserido.

6 - TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: UM OLHAR SOBRE A FÍSICA MODERNA

Temas dos séculos XVII, XVIII e XIX, como, por exemplo, Cinemática, Termodinâmica e Eletricidade, figuram de forma majestosa nos currículos atuais por terem se adequado ao ambiente escolar. Da mesma forma, a discussão sobre mudanças nos programas, como a introdução de conteúdos ligados à Teoria Quântica, pode ser analisada face à caracterização proposta pela Transposição didática. Inicialmente, atendo-se à *sobrevivência* dos saberes, não há dúvidas de que essa teoria seja **consensual** no comunidade científica, embora possa haver debate sobre a melhor forma de interpretar o que ocorre no mundo microscópiuco (ver Frota Pessoa Junior, 200??). É indiscutível que ela possui uma **atualidade biológica** (é a teoria que melhor representa a gama de dados empíricos obtidos nas pesquisas) e, certamente, tem **atualidade moral** (está na base de todo o progresso científico-tecnológico presente na sociedade moderna). Em nossa análise, o maior problema surge de sua baixa **operacionalidade** quando comparada aos conteúdos clássico. Esse problema está ligado a **criatividade didática** ainda por ser construída em relação à essa teoria.

Dá-se a impressão que um saber que sobrevive no Ensino Médio é aquele que vem a transformar-se em uma série de exercícios semelhantes que aparecem nos livros didáticos e outros materiais de ensino. No entanto, segundo a Transposição Didática, a operacionalidade

“é a regra que reflete o maior grau de importância no processo transformador do saber, ao criar uma ligação muito estreita com o processo de avaliação [...] Este procedimento desenvolve uma avaliação “neutra”, pois não há discussão sobre a resposta numérica. A resposta está certa ou errada, não havendo margem para discussões. Além de eliminar dúvidas de julgamento este tipo de exercício é de fácil correção, diminuindo a carga de tarefas do professor”. (PINHO, 2000, p.238)

Assim sendo, estas regras devem ser adaptadas para serem utilizadas com os tópicos de FMC. Elas servem como forma de avaliar os saberes oriundos da Física Clássica (FC), porém parecem ser insuficientes ao se adentrar no mundo desta nova Física. A tentativa de se utilizar a mesma estrutura de transposição que transformou a Cinemática, ou a Dinâmica com seus inúmeros problemas de bloquinhos, na vedete do ensino da Física, conduz à criação de exercícios similares àqueles desenvolvidos em boa parte dos livros didáticos tradicionais, de forma que se muda apenas o nome dos elementos envolvidos nos exercícios. Assim, um exercício comum que aparece quando se intenciona inserir Física de Partículas nas escolas é, simplesmente, o cálculo da quantidade de movimento resultante de “bolinhas” que colidem. Estas bolinhas, agora chamadas de elétrons, são na verdade as mesmas bolas de sinuca quando este mesmo exercício aparece no ensino de dinâmica clássica. Ou seja, criar exercícios que trabalhem conceitos de FM utilizando o mesmo molde, ou o mesmo tipo de operacionalidade existente na FC é “vender vinho velho em garrafa nova”. Assim, apenas troca-se relação $F = m a$ por $E = h v$.

Não se deve imaginar que exercícios deste tipo não sejam importantes, nem que não devam constar em cursos introdutórios de FM. No entanto, é possível criar atividades que cumpram esses quesitos e ainda consigam abarcar o novo contexto epistemológico definido pelos conhecimentos da FMC.

É necessário criar uma nova rota, capaz de contornar o obstáculo gerado pelo formalismo matemático, inerente a essas novas teorias, criando atividades que tenham uma maior ênfase na argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento. No entanto, tais atividades encontram resistência no ensino tradicional.

“De fato, observa-se que os objetos de ensino que permitem a elaboração de exercícios e problemas, são mais valorizados no espaço escolar, em detrimento daqueles que ficam restritos à argumentação teórica”. (PINHO, 2000, p.238)

Vale dizer ainda que outro problema pode acompanhar a produção dessas novas atividades ligadas à FMC. Utilizando o mesmo modelo de exercícios corre-se o risco de transformar a FMC em algo tão cansativo, inexpressivo e enfadonho quanto a Cinemática. Para tanto, suponhamos que, num futuro, tenha-se garantido a adaptação de um saber moderno ao Sistema Didático. Deve-se avaliar ainda a motivação que ele gera e seu sucesso entre os alunos. Porém agora o sucesso deve também ser visto no sentido de entendimento, prazer e significação, e não apenas em termos de adaptabilidade⁶.

⁶ PIETROCOLA, 2001

Acreditamos também que além destas adaptações devemos incluir uma nova regra para que tópicos de FMC sobrevivam no Ensino Médio. Esta nova regra implicaria na geração de um **Sentimento de Realidade**, como proposto originalmente por PIETROCOLA (1999, 2001). Nossa intuição nos mostra que, como estes temas estão muito afastados de nosso senso comum e que, na maioria das vezes, não podemos mais utilizar conceitos que nos são familiares para que possamos compreender as sutilezas envolvidas na compreensão da Física Quântica, é natural que esse desconforto se traduza em um sentimento de ausência de realidade. Junta-se a isso o fato de que a Teoria Quântica tem a peculiaridade de permitir diversas interpretações, e que a grande maioria delas flertam com alguma forma de anti-realismo.

Niels Bohr, o principal arquiteto da interpretação da complementaridade, que prevaleceu durante muito tempo na comunidade científica e que domina a totalidade dos livros técnicos e didáticos, afirma que

“[...]uma realidade independente no sentido físico ordinário não pode ser atribuída nem aos fenômenos, nem aos agentes da observação”⁷.

Assim, o aparecimento, no ato da medida, de um valor preciso que não existia anteriormente a ela ganha a interpretação de que a observação cria a realidade. Esse tipo de interpretação, defendida por Bohr, Heisenberg, Dirac, Van Fraassen, entre outros, obriga uma revisão profunda de nossas concepções filosóficas e físicas acerca da realidade. Por outro lado, físicos do peso de Einstein, Schrödinger e de Broglie, que também participaram da construção da Teoria Quântica, não acreditavam que ela fosse capaz de descrever de maneira completa a realidade.

Não faz parte do escopo deste trabalho discutir as formas de realismo nem aspectos sobre a completude, ou incompletude, da Mecânica Quântica. Tampouco pretendemos esgotar uma discussão até hoje não resolvida, acerca da ontologia de objetos e processos quânticos. O que queremos é enfatizar a necessidade de tratar a Física Quântica no ensino médio sob perspectiva de um realismo científico. Acreditamos que

“O conhecimento está associado ao enriquecimento do conteúdo de realidade dos símbolos empregados no tratamento formal dos problemas teóricos.” (ROBILOTTA, 1988, p.12)

Nossa preocupação pode ser ratificada em uma pesquisa citada por MATTEWS⁸, onde 254 alunos de nível médio deveriam dizer se achavam útil ou não o fato que a Física utiliza experimentos de pensamento que não podem ser reproduzidos por experimentos reais. Mais de 50% da totalidade dos alunos consideraram tal método útil somente para a física, por não se tratar da realidade e 11% acharam-no inútil, pois não há necessidade de se considerar de algo que não existe. Assim, essa dicotomia entre a realidade do mundo da FM e o real percebido pode conduzir o aluno a se perguntar:

“Qual dos dois abandonar, por ser uma ilusão: o mundo real em que vivo e que percebo ou o mundo da ciência repleto de situações idealizadas como pontos sem massa, substâncias puras[...] etc.?”.(BARRA, 1998, p.24)

Assim, parece-nos que os alunos não disponibilizariam forças para tentar compreender e aprender aquilo que não é real. Seria como se eles nos perguntassem: para que tenho que aprender

⁷ Niels Bohr em PESSOA Jr., O. (org.). Fundamentos da Física 1- Simpósio David Bohm, p.136

⁸MATTWES, 1994, p.211

uma coisa se ela não existe? Ou seja, “[...]se negligenciarmos a realidade ou negarmos que haja uma qualquer, acabaremos por renunciar à ciência e adotar, em seu lugar, a pior metafísica possível”⁹.

Defendemos que o ensino de Física Moderna deve ter como norteador que “O referente pretendido de qualquer idéia física é a coisa real.”¹⁰ Com isso, devemos buscar abordagens que possibilitem um tratamento diferenciado daquele que usualmente aparece nos livros técnicos, principal fonte de referência para a transposição desse Saber Sábido para o Saber a Ensinar. Achamos imprescindível que haja essa preocupação, pois “[...]para se ensinar física, é preciso também saber administrar a costura dos símbolos formais na realidade.”¹¹

Assim, o **Sentimento de realidade como nova regra para a Transposição Didática**, visa mediar a etapa existente no processo de construção de vínculos entre o mundo subjetivo dos alunos com aquele oferecido pela Física. Acreditamos que é preciso que haja essas discussões acerca da maneira com que a ciência captura ou não a realidade, de modo que

“Educadores histórica e filosoficamente instruídos saberão reconhecê-las e considerá-las, auxiliando seus alunos a entender por que no mundo real, subjetivo e vivido, cachorros e átomos podem coexistir harmoniosamente”. (BARRA, 1998, p.25)

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ter poucas relações com a realidade experimentada, os tópicos de FMC correm um sério risco de serem descartados pelos alunos. O Ensino de Física tem por obrigação apresentar como a ciência é capaz de criar explicações sobre o mundo através de seus modelos. Este ensino deve também levar os alunos a desconfiarem de seus sentidos e do real que percebem. Os alunos devem ser capazes de compreender que tais modelos explicatórios não são cópias da realidade, mas que isso não significa uma renúncia a ela.

Discussões filosóficas, de caráter epistemológicos e ontológicos, conduzidas com cuidado parecem possuir um poder de sensibilizar os alunos de maneira que eles se esforcem em aprender a estranha natureza das coisas imposta pela Física Moderna. Pode-se, assim, gerar formas alternativas de avaliação e criar atividades onde é possível trabalhar a imaginação e o poder de abstração necessários para a compreensão das teorias envolvidas nesta parte de Física. Acreditamos que a sensação de realidade deve estar presente ao se ensinar estes saberes, para que não se corra o risco de torná-los inexpressivos.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J-P e DEVELAY, M. *A Didática das Ciências*. Papirus. Campinas, 1995.

BARRA, E. O. A realidade no mundo da ciência: um desafio para a história, filosofia e a educação científica. *Revista Ciência & Educação*, vol.5, n.1, 15-26, 1998.

BUNGE, M. *Física e Filosofia*. Perspectiva, São Paulo, 1969.

⁹ BUNGE, 1969, p.16

¹⁰ BUNGE, 1969, p.15

¹¹ ROBILOTTA, 1988, p.12

- CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.
- MATTHEWS, M. *Science Teaching: The role of history and philosophy of science*. New York, 1997.
- OFUGI RODRIGUES, C. *Inserção da teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta*. Tese de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 2001.
- OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em ensino de ciências*, vol. 5, n. 1, Porto Alegre, 2000. (página eletrônica)
- PESSOA Jr., O. (org.). *Fundamentos da Física I- Simpósio David Bohm*. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2000.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*, Pietrocola, M. (org). Editora da UFSC/INEP, Florianópolis, 2001.
- _____. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.4, n.3, Porto Alegre, 1999. (página eletrônica)
- PINHO ALVES, J. *Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista*. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.
- ROBILOTTA, M. (1988). O Cinza, O Branco e o Preto - da Relevância da História da Ciência no Ensino da Física. *Caderno catarinense de Ensino de Física*, vol. 5, n. especial, p. 7, 1987.
- STANNARD, R. Modern physics for the young. *Physics Education*, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.
- VEIT, E. A. & THOMAS, G. & FRIES, S. G. & AXT, R & SELISTRE, L. F. O efeito fotoelétrico no ensino médio via microcomputador. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 4, nº2: p. 68-88, Florianópolis, ago. 1987.