

# ***A ELETROSTÁTICA COMO EXEMPLO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA<sup>1</sup>***

***José de Pinho Alves Filho  
Terezinha de Fátima Pinheiro  
Maurício Pietrocola***

## **Resumo**

*O texto, em sua primeira parte apresenta algumas noções sobre o conceito de Transposição Didática e seus elementos. Em seguida é apresentada uma discussão na qual os elementos da Transposição Didática são aplicados ao conteúdo de Eletrostática.*

## **Introdução**

Quando prepara as suas aulas, geralmente o professor se referencia em livros textos dirigidos ao respectivo grau de ensino que leciona. A experiência de magistério, as características dos alunos, a escola que leciona são alguns dos ingredientes que irão direcionar a aula a ser preparada. No entanto, na maioria das vezes, os professores não se dão conta de que existe uma pequena “*diferença*” entre o tratamento dado em seus apontamentos para as aulas e o tratamento feito pelos livros textos mais utilizados. E, se observado com mais cuidado e purismo acadêmico, veremos que a diferença se amplia ainda mais se compararmos estes apontamentos com aquilo que os “cientistas” escreveram. E a diferença ditada pelo purismo acadêmico, leva a entender que o que é ensinado na sala de aula, está longe do conhecimento científico construído. Em outras palavras, a ciência ensinada na sala de aula não é a ciência elaborada pelos grandes cientistas.

Esta discrepância, entre o conteúdo dos manuscritos originais produzidos pelos cientistas e o conteúdo ministrado em sala aula, tem suas

---

<sup>1</sup> Capítulo 4 da obra “Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia em uma concepção integradora” Org. Maurício Pietrocola, 2001, editora da UFSC.

explicações e justificativas, mas na maioria das vezes não estão explícitas ou não são de domínio geral. Além disso, o sistema escolar incorpora e agrega algumas transformações que, com o passar do tempo, sob certo ponto de vista, torna-se muito difícil resgatá-las. Responder de onde, como e quando tais “costumes” e/ou “tradições” começaram a fazer parte da estrutura escolar, é extremamente difícil. Apenas sabe-se que aí estão e já fazem parte do cotidiano escolar, ocupando um espaço que ninguém ousa questionar.

Uma das principais funções da escola é a transmissão dos conhecimentos produzidos pela humanidade. Para que haja esta transmissão, é necessário que o conhecimento seja apresentado de maneira que possa ser aprendido pelos alunos. É neste ponto que se manifesta uma das principais transformações do conhecimento, isto é, a diferença entre o conhecimento produzido e o conhecimento oferecido ao aprendiz. A constatação de que um conhecimento trabalhado na escola difere daquele conhecimento produzido originalmente, implica na aceitação da existência de processos transformadores que o modificam.

Neste trabalho pretende-se apresentar o conceito de ***“Transposição Didática”***, e, posteriormente, utilizá-lo em um exercício de análise para um dado conteúdo de Física. Pretende-se mostrar as “transformações” sofridas por este conteúdo, desde os primeiros registros até a forma como ele é apresentado nos livros textos. Vamos eleger o conteúdo de Eletrostática e, utilizando alguns fatos da História da Ciência, discutir algumas modificações sofridas por ele, quando se analisa este conteúdo à luz do conceito da *Transposição Didática*.

### **1. *Transposição Didática*: a necessidade escolar.**

A ***“Transposição Didática”*** é um conceito que tem origem na Didática francesa, ao ser utilizado em 1982 por Yves Chevallard e Marie-

Alberte Johsua, em um trabalho que tinha por objetivo discutir as modificações da noção matemática de distância desde a sua origem até se tornar objeto de ensino<sup>2</sup>.

Como elemento de análise do processo de transformação do saber<sup>3</sup>, a *Transposição Didática*, estabelece a existência de três estatutos, patamares ou níveis para o saber: (a) o **Saber Sábio** (savoir savant); (b) **Saber a Ensinar** (savoir à enseigner) e (c) **Saber Ensinado** (savoir enseigné). A existência destes patamares ou níveis, sugerem a existência de grupos sociais diferentes que respondem pela composição de cada um desses saberes. Estes grupos diferentes, mas com elementos comuns ligados ao “saber”, fazem parte de um ambiente mais amplo, que se interligam, coexistem e se influenciam, denominado de *noosfera*.

Os grupos sociais de cada patamar, estabelecem uma esfera de influência e interesses que, de acordo com regras próprias, decidem sobre o saber. Algumas das esferas tem maior poder de influência que as demais. Vamos agora analisar o que compete a cada uma das esferas e como elas se influenciam mutuamente em cada um dos níveis de saber.

### **1.1 O Saber Sábio.**

O “*Saber Sábio*” é fruto do trabalho produtivo de uma esfera própria, composta basicamente pelos intelectuais e cientistas que, constróem aquilo que também é denominado de “conhecimento científico”. Este saber se apresenta ao público através de publicações próprias (revistas e periódicos científicos), ou dos congressos específicos de cada área. Para entendermos um pouco sobre a construção do *Saber Sábio* é interessante, resgatarmos

---

<sup>2</sup>CHEVALLARD, Y. & JOHSUA, M-A, *Un exemple d'analyse de la transpositiondidactique – La notion de distance*. Recherches en Didactique des mathematiques. 3.2, 157-239, 1982.

<sup>3</sup> Salientamos que faremos uso do termo “**saber**” em lugar do termo conhecimento. Os originais franceses utilizam do termo “savoir” (saber) pois parece traduzir mais adequadamente o objeto do processo transformador da TD do que o termo conhecimento (connaissance), que aparenta ser de entendimento mais amplo e vago.

Reichenbach (1961) que comenta sobre o momento da produção do saber e o momento em que o mesmo se torna público. Para diferenciá-los vamos fazer um exercício mental de acompanhamento do trabalho de um cientista ou intelectual que está “construindo” a solução para um problema.

Seja em diálogos consigo mesmo e com a questão colocada, ou coletivamente em conversas informais com os colegas, o cientista percorre caminhos e atalhos de raciocínio buscando solução para seu problema de pesquisa. O espaço em que ocorre este processo construtor é denominado de “*contexto da descoberta*” e se refere a uma etapa de trabalho dedicado à busca da resposta desejada. Após encontrar uma resposta que julgue satisfatória, geralmente realizada de maneira assistemática e informal, se faz necessário o espaço em que a resposta construída precisa ser analisada e julgada. Este momento é denominado de “*contexto da justificação*” e se concretiza pela elaboração de artigos ou textos para publicação nos periódicos especializados. A organização desses artigos ou textos, segue um ritual estabelecido pela comunidade científica, que prescreve a apresentação dos elementos fundamentais, das eventuais medidas, dos procedimentos lógicos utilizados e das conseqüências ou conclusões. Enfim, o texto assume uma forma impessoal, sistemática, com começo, meio e fim e que não mostra as idas e vindas ocorridas no contexto da descoberta. De acordo com Reichenbach (1961), ocorre uma reconstrução racional, que diferencia o processo como o ser humano (cientista) produziu um determinado saber e como o cientista (ser humano) apresenta-o formalmente a seus pares. Nesta discussão percebemos a existência de dois momentos. Entre um e outro, há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando elementos isentos de sentimentos e encadeados logicamente. Aqui, de certa forma, há uma transposição – não didática – mas, diríamos, científica, caracterizada por uma despersonalização e reformulação do saber.

## 1.2- O *Saber a Ensinar*

Do patamar ou estatuto que acolhe o *Saber Sábio* passa-se a outro patamar, aquele em que se situa o “*Saber a Ensinar*”. O processo transformador do *Saber Sábio* em *Saber a Ensinar*, envolve um número de variáveis e de pessoas bem maior do que aquele que ocorre entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação. À primeira vista somos levados a interpretar que o *Saber a Ensinar* é apenas uma mera “simplificação ou trivialização formal” dos objetos complexos que compõe o repertório do *Saber Sábio*. Esta interpretação é equivocada e geradora de interpretações ambíguas nas relações escolares.

Mas como se processa a transformação dos saberes?

Os personagens que convivem na esfera do *Saber a Ensinar*, não pertencem a um só grupo, como na esfera do *Saber Sábio*. Nesta última, o grupo é constituído de intelectuais e cientistas, sejam jovens ou antigos, com ou sem conflitos teóricos, vinculados a esta ou aquela escola de pensamento, mas todos pertencentes ao mesmo nicho epistemológico em que ocorre a produção do saber.

A nova esfera, a do *Saber a Ensinar*, é mais eclética e diversificada na composição de seus personagens, não por ser de carácter democrático, mas pela defesa de interesses próprios. Os componentes dessa esfera são, predominantemente (1) os autores (sejam dos livros textos ou manuais didáticos) ou daqueles que emprestam o nome como responsáveis de uma publicação dirigida a estudantes; (2) os especialistas da disciplina ou matéria; (3) os professores (não cientistas) e (4) a opinião pública em geral, que influencia de algum modo o processo de transformação do saber. Os cientistas e intelectuais, mesmo não pertencendo a esta esfera de poder, também podem influenciar as decisões relativas ao “saber” que irá ser processado e transformado. Isto ocorre quando se tornam professores ou

quando publicam manuais didáticos. Mais recentemente esta influência pode se dar por intermédio dos meios de comunicação.

Esta esfera **não gera saber científico - mas gera um novo saber !**

Sua função é transformar o *Saber Sábio*, que se apresenta em forma não adequada ao ensino, em material “ensinável” e inserido em um discurso didático com regras próprias. Assim como o *Saber Sábio* é submetido a regras e linguagem específicas, o *Saber a Ensinar* também tem suas regras próprias.

Para se tornar *Saber a Ensinar*, é necessário que o *Saber Sábio* sofra uma espécie de degradação durante a qual ocorre a perda do contexto original, para permitir uma reorganização e um reestruturação de um ***novo saber***, intrinsecamente diferente do *Saber Sábio* que lhe serviu de referência. Esta reelaboração do saber, resulta em uma configuração dogmática, fechada, ordenada, cumulativa e, de certa forma, linearizada. Aquele *Saber Sábio*, que compunha-se da soma das partes dos saberes produzidos por diferentes intelectuais ao longo de anos, torna-se agora uma seqüência lógica, crescente em dificuldade e atemporal, como se fosse o resultado de uma evolução natural. É abstraída toda e qualquer vinculação com o ambiente no qual ele se originou, passando a reconstituir-se um novo quadro epistemológico.

A linguagem utilizada no *Saber a Ensinar* é uma linguagem nova, diferente daquela utilizada no *Saber Sábio*. O saber, agora tomando a forma de conteúdo, faz uso de uma exposição racional, cujo encadeamento é progressivo e cumulativo. O aspecto atemporal se manifesta na linearidade da seqüência, que desconhece o tempo real (histórico) que foi necessário, às vezes muitos anos, para a elaboração de uma explicação científica aceita. Além disso, toma as interpretações novas e modernas do *Saber Sábio* e as insere em situações antigas, dando a falsa impressão que, desde as

primeiras observações, a explicação científica fazia uso dos modelos ou explicações atuais.

As transformações que o *Saber Sábio* é submetido, ao se despir de seu contexto epistemológico e histórico particular, de sua linguagem original e sua validade compartilhada pela comunidade específica, para ressurgir em nova roupagem, organização a-histórica, novo nicho epistemológico e de validade dogmatizada universalmente, são determinadas pela comunidade dos componentes de parte da noosfera. Aliás, não só determinam as transformações mas também determinam o **que do *Saber Sábio* deve ser alvo de transformações.**

O *Saber Sábio* é uma proposição humana “a cerca de”, que uma vez aceita e universalizada, passa a pertencer à cultura da humanidade e se eterniza nas publicações, livros e registros bibliotecários. Já a vida útil de um objeto do *Saber a Ensinar* pode ser temporária. Em outras palavras, este objeto pode ser “descartável”. Pressões dos grupos da noosfera determinam quais os “conteúdos” que devem passar pela *Transposição Didática* e quais aqueles que, no contexto mais amplo, não apresentam significado no espaço escolar. Outros que, com o passar do tempo se banalizam no contexto social-cultural, deixam de ser objetos de ensino e, portanto, são descartados. O poder público, através de suas propostas ou sugestões curriculares, programas de ensino, etc. também pode promover ou destituir conteúdos. Além desses aspectos, um outro papel desempenhado por estes grupos na dinâmica processual da *Transposição Didática* objetiva a melhoria do ensino e aumento da aprendizagem.

Qualquer leitura, realizada sem o devido cuidado, pode levar a um outro equívoco: o de que a *Transposição Didática* descreve uma atitude pouco nobre, pois submete o *Saber Sábio* a eventuais interesses e, por conseqüência, desfigura-o. A título de um simples argumento para não aprofundarmo-nos neste tipo de discussão, poderia ser dito apenas que não

se dispõe de todo o tempo do mundo para ensinar a um estudante o *Saber Sábio*, através de sua reconstituição histórica.

Por maior que tenha sido a reelaboração e reorganização no processo gerador do *Saber a Ensinar*, permanecem alguns aspectos semelhantes com o *Saber Sábio*. *Saber Sábio* e *Saber a Ensinar* buscam manter um diálogo com a realidade. Nesta busca alguns conceitos, definições e experimentos, mantêm as mesmas características e se preservam em ambos os saberes. Alguns dos problemas solucionados pelo *Saber Sábio*, passam a ser apresentados como exercícios a serem resolvidos no *Saber a Ensinar*, geralmente aqueles nos quais as variáveis envolvidas podem ser mensuráveis e que permanecem com a mesma estrutura lógico-matemática.

### **1.3- O *Saber Ensinado***

Finalmente chegamos à sala de aula, onde localiza-se a figura do professor, “autoridade constituída do conteúdo de sua disciplina”, que expõe o material instrucional, didaticamente preparado por ele. O formalismo e certo ar de pompa da frase anterior, objetiva justamente chamar atenção ao papel que o professor desempenha no espaço escolar e na sala de aula.

Iniciamos nosso texto apontando para as diferenças entre aquilo que o professor prepara como material didático para uso em sua aula e aquilo que foi produzido pelo cientista. Ou seja, a “ciência” da sala de aula é diferente da “ciência” do cientista. As origens ou razões desta diferença não são gratuitas, mas resultado do fenômeno da *Transposição Didática*, entre o *Saber Sábio* e o *Saber a Ensinar*. Mas no que concerne ao ensino em sala de aula ocorre novamente o fenômeno da *Transposição Didática*, só que neste espaço envolve a transfiguração do *Saber a Ensinar* em ***Saber Ensinado***. Antes de continuarmos analisando esta etapa da *Transposição Didática*, é importante localizarmos o material instrucional destinado ao



“Professor”, pois existem dois tipos de Professores, atuando em espaços diferentes e com recursos didáticos diferenciados.

A *Transposição Didática do Saber Sábido para o Saber a Ensinar*, apresenta como resultado concreto, os livros textos e manuais de ensino, dirigidos particularmente aos estudantes universitários, futuros profissionais, que devem ser familiarizados com o contexto do *Saber Sábido* e suas aplicações, dentro do tempo didático estipulado pela estrutura escolar. Os professores universitários utilizam estes textos como um guia para a preparação de suas aulas e reorganizam o conteúdo ali seqüenciado, de acordo com referências próprias e locais, além de adaptá-lo ao tempo didático.

Por outro lado, encontramos no ensino secundário outro espaço escolar, que além dos interesses próprios e diferenciados dos universitários, tem outras regras e fontes de influências. Em primeiro lugar, vamos encontrar para esta população livros textos e manuais, que não foram alvo de uma *Transposição Didática* “de fato”, mas que são produto de uma “simplificação” do conteúdo pertencente ao *Saber a Ensinar*. Em segundo lugar, a simplificação ocorre na linguagem utilizada e se estende aos recursos matemáticos utilizados, tanto na conceituação, como nas eventuais demonstrações matemáticas. Carvalho (apud Pinheiro 1996:50) comenta que um “... exemplo que pode ilustrar a reformulação, a dogmatização e a transposição de um elemento do “Saber Sábido” para o conteúdo físico escolar pode ser encontrado na maioria dos livros de didáticos destinados à 1ª série do 2º grau, quando tratam das leis de Newton. A 2ª Lei de foi formulada originalmente por Newton, definindo força como a derivada temporal da quantidade de movimento [ $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$  (negrito é vetor)], ou numa linguagem mais apropriada ao ensino do 2º grau, como a variação do vetor quantidade de movimento com relação à variação do tempo ( $\mathbf{F} = \Delta\mathbf{p}/\Delta t$ ). Entretanto na maioria dos livros ela é apresentada como sendo  $\mathbf{F} =$

*ma, que é a estrutura elaborada por Euler quase um século depois de Newton.”*

Quanto à apresentação dos conceitos, a simplicidade vai ao extremo e pode ser percebida na sequência ordenada do conteúdo, descaracterizando o processo histórico de sua elaboração. Pinheiro(1996:50) chama atenção quando mostra que *“Um exemplo disso é que, de maneira geral, quando um livro didático utilizado no 2º grau apresenta a Mecânica Clássica, a visão aristotélica de movimento, quando aparece, é apresentada como uma concepção ingênua e incompleta, que foi superada pelo paradigma newtoniano. Força, massa, aceleração, referencial inercial são conceitos apresentados sob forma sequenciada e harmônica, como se fossem conceitos simples, que se encerram em si mesmos. Não é levado em conta que os significados desses conceitos dependem do papel que eles desempenham no interior da teoria.”*

Como se observa, o material didático à disposição do Professor do ensino médio difere daquele direcionado ao ensino universitário. Enquanto este último sofreu uma *Transposição Didática* de fato, o outro pode ser entendido como um processo de simplificação que busca adequar linguagem e recursos matemáticos mínimos para manter o corpo estrutural do *Saber a Ensinar*. É este último material didático, que o Professor do ensino médio – via de regra – toma como referência para preparar suas aulas. E é exatamente, neste novo espaço, o da preparação e do lecionar, que se estabelece o terceiro patamar do saber – o ***Saber Ensinado***.

Os personagens que compõe a esfera do *Saber a Ensinar*, tem como tarefa acomodar interesses, regras de validade do saber, tendências sociais e outras atividades de carácter mais amplo, mais abrangente, mais diretivo, ou melhor dizendo, de amplitude geográfica maior. Os autores e editores, responsáveis pelos livros textos, são como que fiscalizados de longe pelos demais componentes desta esfera, não havendo uma interação contínua e

próxima entre eles. O mesmo não ocorre na esfera do *Saber Ensinado*. Lá seus personagens convivem no cotidiano e interagem no mesmo espaço: a instituição escolar. A influência dos vários grupos que compõe esta esfera, difere em intensidade, graus de interesse e pode ter uma relativa duração temporal. Ao Professor cabe contemporizar tais correntes de interesse no momento da preparação de sua aula e no instante que na sala de aula exerce o magistério.

Neste momento, as pressões externas levam o Professor, a praticar uma nova *Transposição Didática*. Neste novo saber é mais evidente a interferência das concepções pessoais do Professor, dos interesses e opiniões da administração escolar, dos alunos e da comunidade em geral. A interação entre os personagens desta esfera é extremamente intensa, pois ela propicia de maneira mais clara a repercussão das opiniões dos grupos nas definições e nas modificações ocorridas no *Saber Ensinado*. Em outras palavras, desenvolveu-se um terceiro nicho epistemológico cuja dinâmica de suas diretrizes, se comparadas com as epistemologias associadas ao *Saber Sábio* e ao *Saber a Ensinar*, é muito mais instável e mutável, isto é, ela é mais sensível às influências do meio e responde muito mais rapidamente às pressões exercidas.

#### **1.4- Práticas sociais de referência.**

Um aspecto, introduzido por Martinand e citado por Astolfi, de grande importância no *Saber Ensinado* e que até o momento não nos referimos explicitamente é aquele denominado de “**prática social de referência**”. Este aspecto nos chama a atenção sobre a necessidade de relacionar os conteúdos com a cultura e o cotidiano dos estudantes. De acordo com Astolfi: “*Deve-se, de maneira inversa, partir de atividades sociais diversas (que podem ser atividades de pesquisa, de engenharia, de produção, mas também de atividades domésticas, culturais ... ) que possam*

*servir de referência a atividades científicas escolares, e a partir das quais se examina os problemas a resolver, os métodos e atitudes, os saberes correspondentes.*”(Astolfi, 1995:53) Em outras palavras, as práticas sociais de referência são importantes porque elas podem evitar a utilização de exemplos que não fazem parte da cultura do estudante e por isso não lhes são significativos. É notória a inconveniência de utilizar as marés como exemplo de influências gravitacionais, em cidades longe do mar. Este exemplo deve se apresentar, para o aluno, como um exercício de criatividade maior do que o exigido para aprender o conteúdo implícito.

As práticas sociais de referência seriam uma possibilidade de atenuação do dogmatismo e formalismo imposto pelo processo de *Transposição Didática do Saber Sábio ao Saber a Ensinar*. Tais práticas estão bastante próximas do Professor, o que lhe autoriza e possibilita realizar uma *Transposição Didática do Saber a Ensinar* para o *Saber Ensinado* mais adequada, como também possibilita resgatar a contextualização histórica da produção do *Saber Sábio*, diminuindo o excesso do artificialismo e neutralidade do *Saber a Ensinar*.

Sem dúvida nenhuma, a *Transposição Didática* descreve um processo de modificação pelo qual o saber é submetido até se tornar conteúdo de ensino. Negá-la ou ignorá-la é aceitar os conteúdos científicos contidos nos livros textos como uma reprodução fiel da produção científica do homem. Ter consciência da *Transposição Didática*, bem como da importância das práticas sociais de referência é de suma importância para o Professor que pretende desenvolver um ensino mais contextualizado e com conteúdos menos fragmentados do que aqueles dos livros textos. Esta consciência possibilitaria uma reconstituição, pelo menos parcial, de um ambiente que permita ao aluno a compreensão da capacidade que tem o saber de resolver problemas reais. Ela também abre caminho para a compreensão de que a produção científica é uma construção humana, e

portanto dinâmica e passível de equívocos, mas que ao mesmo tempo tem um grande poder de solução de problemas.

Ao Professor cabe o papel de criar um “cenário” menos agressivo ao dogmatismo apresentado pelos livros textos. Mesmo submetido às pressões dos grupos de sua esfera, o Professor deve buscar a criação de um ambiente que favoreça o rompimento com a imagem neutra e empirista da Ciência, veiculada através dos manuais e livros didáticos. Também deve procurar nas práticas sociais de referência, os elementos mais adequados aos seus objetivos.

### **1.5- As regras da *Transposição Didática***

O processo de transformação do *Saber Sábido* para *Saber a Ensinar*, não se realizou de forma aleatória ou ditado por circunstâncias. Para Astolfi (1997 : 182) é possível identificar algumas regras que nortearam o processo de *Transposição Didática*. A análise de cada uma das cinco regras possibilitará um entendimento melhor do que já foi comentado, particularmente, da maneira como os livros didáticos são apresentados. Convém lembrar que os primeiros livros textos modificados são os universitários e, posteriormente, os do ensino médio.

Vamos apresentá-la de forma simplificada acompanhada de breve comentário.

N.	Regra	Comentário
1	Modernizar o saber escolar.	Determinada pela necessidade de inclusão de novos conhecimentos acadêmicos, para a atualização da formação básica dos futuros profissionais no curso de graduação.
2	Atualizar o <i>Saber a Ensinar</i> .	Justifica a modernização curricular com eliminação de saberes que se banalizaram ou que foram excluídos com o passar do tempo.
3	Articular saber “novo” com o “antigo”.	A introdução de objetos de saber “novos” ocorre melhor se articulados com os antigos. O novo se apresenta como que esclarecendo melhor o conteúdo antigo, e o antigo hipotecando validade ao novo.
4	Transformar um saber em exercícios e problemas.	O <i>Saber Sábio</i> cuja formatação permite uma gama maior de exercícios é aquele que, certamente, terá preferência frente a conteúdos menos “operacionáveis” a título de exercícios.
5	Tornar um conceito mais compreensível.	A possibilidade de diminuir as dificuldades na aprendizagem de conceitos.

### 1.6 . Os saberes, os atores, os afazeres e as pressões.

A título de resumo, vamos reproduzir uma tabela elaborada por Perret-Clermont et al (Astolfi, 1997:180), que apresenta os três saberes e os “atores” principais responsáveis pela sua elaboração; os personagens das várias esferas e suas funções básicas no processo da *Transposição Didática*; as atividades cognitivas de cada grupo e as fontes de pressão que estão sujeitos. A clareza das informações dispensam maiores comentários. Se necessários, os faremos quando da análise do conteúdo de Eletrostática.

	<i>Saber Sábio</i>	<i>Sabera a ensinar</i>	<i>Saber Ensinado</i>
<b>Atores principais</b>	<b>Pesquisadores</b>	<b>Autores de livros</b>	<b>Professores</b>
<b>Grupos sociais de referência</b>	<p>Colegas atuais e antigos, com suas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "escolas",</li> <li>• correntes de pensamentos</li> <li>• publicações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autores</li> <li>• Especialistas da disciplina.</li> <li>• Professores.</li> <li>• Opinião pública.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alunos.</li> <li>• Estabelecimento escolares e seu meio social.</li> <li>• Pais dos alunos.</li> <li>• Supervisores escolares.</li> </ul>
<b>Foco de suas atividades (a que se dedicam)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter o debate científico em um dado ramo do saber.</li> <li>• Avanço do conhecimento da área do saber (disciplina).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar a disposição elementos recentes do saber, de documentos originais, etc.</li> <li>• Transformação do saber em proposições de atividades de aula, exercícios, problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitir os conceitos básicos.</li> <li>• Reconhecer as dificuldades do "trabalho de ensinar".</li> <li>• Manter a comunicação didática</li> <li>• Escolher e organizar a sequência do saber.</li> </ul>
<b>Atividade cognitiva dos atores (produção científica)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalhar no aprofundamento de conhecimentos.</li> <li>• Resolver problemas e provar (demonstrar) as soluções a seus pares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar o conhecimento novo ao saber existente.</li> <li>• Simplificar o saber e procurar a melhor maneira de expô-lo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar para cada conteúdo os exercícios para fazer.</li> <li>• Decidir sobre a melhor forma de avaliar (não muito fácil, não muito difícil; interessante mas séria).</li> </ul>
<b>Fonte de "pressão" em suas atividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competição científica e na carreira.</li> <li>• Necessidade de publicar e fazer comunicações em congressos.</li> <li>• Justificar o horário (período) dedicado a pesquisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competição e obrigações editoriais</li> <li>• Currículos, conteúdos programáticos, programas escolares</li> <li>• Controle mútuo entre os autores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliações posteriores: de nível para nível escolar, vestibular, etc.</li> <li>• Obrigações com o tempo didático.</li> <li>• Adequação as normas escolares estabelecidas (julgamento da Direção, dos pais dos alunos, da supervisão.)</li> </ul>

A, N. Perret-Clermont et al, 1982, modificada.

## **2. Eletrostática: uma vilã.                    arquivo: parteELETROSTÁTICA-TD.doc**

O conteúdo de Eletrostática foi escolhido para exemplificarmos o processo de *Transposição Didática* e também para mostrarmos como se estabeleceu uma maneira muito particular de trabalhar este conteúdo. Este conteúdo oferece um excelente exemplo em que se alia fatos históricos seculares com explicações e modelos científicos recentes.

Além disso, a Eletrostática, com sua equação de força elétrica, associa uma relação matemática com o inverso do quadrado ( $1/r^2$ ), a qual geralmente se constitui em novidade, pois muitos programas escolares não contemplam o estudo da Gravitação Universal. Este tipo de relação permite o desenvolvimento de exercícios e problemas dos mais “teóricos” possíveis. Entende-se aqui por teóricos, aqueles exercícios nos quais são propostas distribuições de cargas “puntuais” em formas extravagantes que, se analisadas com cuidado, verifica-se que não existe qualquer aplicação cotidiana ou técnica para elas. Os exercícios tornam-se malabarismos algébricos sem significado maior para o aprendizado de Física.

Veremos que a forma tradicional de apresentar a Eletrostática na esfera do *Saber a Ensinar* não é uma simplificação do *Saber Sábio*. Ao longo da apresentação do conteúdo de Eletrostática no *Saber a Ensinar* e no *Saber Ensinado* iremos compará-lo com a dimensão histórica da produção do *Saber Sábio*. Dessa forma, esperamos possibilitar uma releitura da Eletrostática mostrando uma alternativa de como o *Saber Ensinado* pode resgatar um pouco da contextualização, ao menos histórica, da produção do *Saber Sábio*.

### **2.1- A Eletrostática no *Saber a Ensinar* e no *Saber Ensinado***

A Eletrostática, tradicionalmente lecionada no 3º ano do ensino médio, com pequenas variações, adota a seguinte ordem em uma seqüência didática tradicional: discussão sobre eletrização por atrito, contato e



indução, “Lei de Coulomb”, estudo do campo elétrico, suas propriedades e relações. Este seria o *Saber a Ensinar*, determinado pelo sistema escolar. Agora, vamos reproduzir o que seria, de modo geral, o procedimento do professor em sala de aula, isto é, o *Saber Ensinado*.

Uma aula tradicional iniciaria com a descrição das “observações gregas” de atração, relativas ao âmbar e aos pedacinhos de palha, para apresentar as formas de eletrização, as quais seriam explicadas por meio de esquemas ou desenhos. A eletrização por atrito, poderia ser alvo de uma demonstração experimental, fazendo uso de caneta de plástico ou pente, devidamente atritado agindo sobre pedacinhos de papel. Já a eletrização por indução e contato ficariam restritas aos esquemas desenhados pelo professor, ou apresentados pelo texto. No que concerne às explicações físicas dos processos de eletrização, o argumento típico é que a “*carga elétrica sai de um corpo e vai para o outro*” e que existem dois tipos de *cargas elétricas*. Estes dois tipos são denominados positivo e negativo, e foram arbitrados pelos tipos de materiais que eletrizados, determinaram quem seria uma e quem seria a outra. Segue então a lei de atração e repulsão entre as *cargas elétricas*. Situações decorrentes dos processos de eletrização, passam a ser discutidas, sempre explicadas pelo fato dos objetos ficarem eletrizados devido ao excesso de cargas negativas ou positivas.

Na seqüência é iniciado o tratamento da interação entre os corpos eletrizados, através da força elétrica. Neste momento é apresentada a “*carga puntual*” que permitirá utilizar a Lei de Coulomb (só que geralmente não é explicado ao aluno porque a Lei de Coulomb serve só para cargas puntuais). A “fórmula de Coulomb” é deduzida (?) através de analogias e induções, de tal modo que em dado momento se “apresenta” pronta para a aplicação nos problemas. Estes problemas e exercícios, realizados até a exaustão, costumam valorizar as distribuições de cargas em

formas triangulares e quadradas. Também são propostos problemas que solicitam a determinação da posição de uma dada carga frente a um conjunto de outras cargas, de tal modo que a força resultante seja nula ...etc. O próximo passo é iniciar a discussão sobre Campo Elétrico, para a qual geralmente é estabelecida uma analogia com o campo gravitacional. A expressão do vetor campo elétrico utiliza novamente da “*carga de prova (puntual)*” como “sensor” da existência de campo elétrico em uma dada região do espaço.

A descrição acima da “aula” de Eletrostática pode até parecer um pouco forçada, mas sua seqüência não foge muito da realidade da sala de aula. Isto não significa que estamos, em hipótese alguma, insinuando culpas, erros, falhas ou qualquer julgamento desta ordem para quem quer que seja. Apenas retratamos, de forma sintética, a seqüência didática tradicional geralmente adotada nas aulas de Eletrostática, com o intuito de auxiliar a nossa análise.

## **2.2 – O contexto histórico da Eletrostática na esfera do *Saber Sábio*.**

Vamos agora comparar o tratamento dado pelo professor, e também por muitos livros textos destinados ao ensino médio, com a seqüência histórica dos eventos e com a interpretação dos cientistas em cada momento histórico.

Iniciar a fenomenologia da Eletrostática utilizando a eletrização por atrito, não é nada fora da realidade, pois realmente o “primeiro registro” histórico é oriundo da Grécia e deve-se a Tales de Mileto (Rosmorduc, 1988: 87 e Omnés, 1996: 63), no século VI AC. Mas também é só, pois a partir daí configura-se, na seqüência didática um certo atropelamento de elementos históricos com o que os estudiosos escreveram.

A observação da atração de pedacinhos de palha ou capim seco por pedaços de âmbar atritados com tecido ou lã, não gerou maiores interesses naquela época a ponto de incentivar tentativas de explicações. Quase que simultaneamente a estas observações tem-se os primeiros registros, também

feitos por Tales, sobre a atração de um objeto de *ferro por um pedaço de rocha característica da região conhecida como Magnésia*. Os fenômenos relativos ao que hoje se conhece por *magnetização* se mostraram mais interessantes e atraentes, daí os “intelectuais gregos” proporem tentativas de explicações acerca dos efeitos “*magnéticos*” deixando de lado os “*eletrostáticos*”.

Um estudo da eletrização só apareceu com William Gilbert (Omnés, 1996: 88), médico da rainha Elisabeth I da Inglaterra, que publicou em 1600 o tratado “*De Magnete*”. Neste trabalho ele apresenta o primeiro modelo explicativo das causas que fazem a agulha de uma bússola orientar-se na direção norte-sul. Nesta mesma obra, faz uma referência à fenômenos eletrostáticos. É importante nos situarmos, pois este foi depois dos gregos, o primeiro registro relativo a este assunto. Gilbert propôs uma espécie de “*Eletrômetro*”, que permitia avaliar as “forças elétricas” e, aos corpos que apresentavam as propriedades de atração, quando atritados, denominou de “*eletrizados*”. Foi o primeiro a utilizar o termo “*eletrização*” para se referir a este tipo de propriedade. Tais termos foram incorporados pelos estudiosos de fenômenos elétricos e até hoje são utilizados.

Outro registro histórico importante é encontrado em 1672 que marca a apresentação da primeira “*máquina eletrostática*”, construída por Otto von Guericke (o mesmo dos hemisférios de Magdeburgo). A partir dela, houve uma série de melhorias técnicas, sempre procurando a obtenção de quantidades maiores de eletricidade e dos efeitos espetaculares promovidos pelas faíscas elétricas. A melhoria das máquinas eletrostáticas, permitiram um acúmulo de observações e registros experimentais, mas nada que chamasse atenção especial.

Stephen Gray (1720) foi um dos primeiros a estudar os fenômenos eletrostáticos de maneira sistematizada, a partir da retomada dos trabalhos de Gilbert e com auxílio das máquinas eletrostáticas. Ele propôs o conceito

de “*virtude elétrica*”, como sendo a propriedade que um corpo adquire quando se eletriza. A virtude elétrica, seria a antecessora do conceito moderno de “*carga elétrica*”. Gray registra ainda que esta virtude elétrica poderia ser transmitida à distância, desde que fosse utilizado um fio de material adequado ligando um corpo ao outro. Ele percebe a possibilidade eletrizar um corpo por contato e caracteriza o que mais tarde seria denominado de material bom condutor.

Posteriormente Charles Dufay, em 1740, dando continuidade aos estudos feitos por Gray, propôs a existência de dois tipos de virtude elétrica, com efeitos opostos. Devido aos materiais por ele utilizado, vidro e resina, denominou uma delas de “*eletricidade resinosa*” e a outra de “*eletricidade vítrea*”. **“O espírito mecanicista da época leva à disseminação nos meios geralmente mundanos da época, da idéia da existência de dois “fluidos” elétricos opostos, dedução então lógica da descoberta de Dufay, mas que ele mesmo nunca enunciou assim.”** (Rosmorduc 1988: 89) Assim, dois tipos de fluidos (resinoso ou vítreo) foram associados aos fenômenos elétricos.

A concepção de fluidos elétricos persistiu até por volta de 1760, quando Benjamim Franklin apresentou suas idéias após uma série de experimentos. A primeira de grande importância foi a proposição de que o relâmpago (descarga atmosférica) e as faíscas de uma máquina eletrostática tinham a mesma natureza elétrica. A segunda foi alteração da denominação de eletricidade vítrea para *positiva* e resinosa para *negativa*. No fundo esta mudança de nome informa mais do que aparenta. Enquanto na denominação antiga pressupunha-se a existência de dois tipos de eletricidades ou fluidos, para Franklin existia apenas um tipo de “matéria elétrica” ou fluido elétrico. A teoria de eletricidade baseada em um só fluido elétrico de Franklin foi rival por diversos anos da teoria dos dois fluidos de Dufay. Na concepção de Franklin, a diferença entre dois corpos

eletrizados era a quantidade de fluido elétrico. Assim, para ele, um corpo com maior quantidade de fluido elétrico estava *eletrizado positivamente*.

Na segunda metade do século XVIII (Hamburger, 1978:11), vários investigadores se dedicaram a determinar o valor da força elétrica entre corpos eletrizados, a exemplo da força gravitacional de Newton. Dentre eles, Daniel Bernoulli e Joseph Priestley, que chegaram a conclusão de que a força era inversamente proporcional ao quadrado da distância, sem no entanto formalizar matematicamente. Priestley chegou a escrever, após repetir um experimento de Franklin, no qual verificou que no interior de um condutor metálico carregado uma bolinha de cortiça não sofre nenhuma força elétrica que *“Não podemos inferir deste experimento que a atração da eletricidade é sujeita às mesmas leis que a gravitação, e é portanto de acordo com o inverso do quadrado da distância; pois é facilmente demonstrado que, se a Terra tivesse a forma de uma casca oca, um corpo dentro dela não seria atraído mais para um lado do que para outro”* (Hamburger, 1978:12).

Cavendish recupera os experimentos de Priestley, no entanto não publica os resultados. Coube a Charles Augustin Coulomb, em 1785, com seus resultados de medida direta da força elétrica através da balança de torção adaptada para este fim, enunciar a relação matemática da força elétrica entre dois corpos eletrizados.

A expressão  $F = k Q q / r^2$  [onde  $k = 1 / 4\pi\epsilon_0$ ], conhecida nos dias de hoje como a lei de Coulomb, era entendida de maneira um pouco “diferente”. Inicialmente vale lembrar que a constante “k” foi determinada somente no início deste século. Além disto, os termos “q e Q” **não eram** entendidos como cargas elétricas dos corpos, **mas sim como a quantidade de fluido elétrico contido em cada corpo**. É claro que para efeitos matemáticos os “valores” de fluido e carga seriam os mesmos.

Vamos agora comparar a seqüência didática que descrevemos na seção anterior com os aspectos históricos aqui apresentados. Nossa análise pode se iniciar apontando algumas “diferenças” entre as **ocorrências históricas** e as **ocorrências atribuídas à história**, quando esta é trazida ao ambiente escolar. Relembrando, na seqüência proposta para a Eletrostática, tínhamos a eletrização dos corpos e seus processos e em seguida a Lei de Coulomb. Esta seqüência de apresentação do conteúdo insinua uma continuidade imediata das “descobertas” científicas, transmitindo ao estudante a idéia de que uma coisa levou a outra, quase que imediatamente. Vale lembrar que entre o registro grego do âmbar atritado atraindo a palha e os primeiros registros ocidentais passaram-se mais de 23 séculos – 2300 anos!. Dos primeiros ocidentais até a Lei de Coulomb passaram-se quase duzentos anos. No que se refere às denominações e seus conceitos, como vimos, as explicações se fundamentavam no pressuposto da existência dos **fluidos elétricos de Dufay**, ou do **fluido elétrico de Franklin** e não no conceito de **carga elétrica**. Esta só foi concebida perto de 1900, quando partículas com massa menor que o menor átomo conhecido (o hidrogênio) foram detectadas. (O átomo deixou de ser indivisível!). Portanto, dizer que Coulomb enunciou sua lei para “cargas” elétricas é algo não condizente com a época, pois o que predominava era a concepção do fluido elétrico e tudo foi tratado e entendido a partir de fluido elétrico. Somente após o modelo de Thomson, quando o elétron foi concebido como carga individual, com massa e sinal negativo arbitrado, é que passa a ter sentido explicarmos os fenômenos eletrostáticos utilizando o conceito de carga elétrica.

### **Considerações finais**

Acreditamos ser desnecessário irmos mais adiante em nosso exemplo, para identificar os efeitos da *Transposição Didática* no que se

refere ao contexto histórico da produção do *Saber Sábio*. À primeira vista pode parecer que ela desvirtua de tal maneira o saber, que o mesmo fica quase irreconhecível. De fato, como já falamos, existe uma descontextualização do saber original, transformando-o, de acordo com as regras já citadas, em algo ensinável e adequado ao tempo didático disponível no ambiente escolar. Afinal não é possível e nem desejável a reconstrução do *Saber Sábio* no âmbito do *Saber a Ensinar*, que contemple todos os passos históricos aos quais foi submetido.

Ao Professor é importante não perder de vista a contextualização histórica e a interpretação que o *Saber Sábio* empresta a um dado fenômeno físico estudado ao longo do tempo. A percepção da evolução das explicações teóricas, que pode ser conseguida pelo conhecimento das diferentes teorias ou modelos propostos, devem estar presentes no arsenal de recursos didáticos do Professor, para que ele tenha condições de diminuir a distância entre o dogmatismo esterilizado do *Saber a Ensinar* e as divergências, conceituais e/ou teóricas, que surgiram na solução dos problemas. Em outras palavras, não significa que ao lecionar um conteúdo devemos nos manter fiéis ao seu contexto original. Ao ensinarmos Eletrostática não devemos voltar à época do fluido para explicar a eletrização, interação entre corpos carregados etc. O que importa é deixar claro que tais fenômenos, estão sendo explicados com modelos contemporâneos e que as explicações atuais estão longe daquelas elaboradas pelos primeiros investigadores.

A *Transposição Didática do Saber a Ensinar* para o *Saber Ensinado* é um processo transformador, de responsabilidade do Professor e para que ocorra com sucesso é necessário conhecer com profundidade o conteúdo de sua área do saber. Caso contrário, caberá ao Professor o mero papel de narrador do que está impresso no livro texto, transmitindo uma concepção de ciência calcada no factualismo empírico.

### 3- Bibliografia

- ASTOLFI, J.P . & DEVELAY, M.** A didática das ciências. São Paulo: Papirus, 1995.
- ASTOLFI, J.P et al** Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques Pédagogies De Boeck & Larcier S.A Bruxele/Belgica. 1997.
- CHEVALLARD, Y. & JOHSUA, M-A,** Un exemple d'analyse de la transposition didactique – La notion de distance. Recherches en Didactique des mathematiques. 3.2, 157-239,1982.
- CHEVALLARD, Y.** La Transpostion Didactique- du savoir savant au savoir enseigné. La Pensee Sauvage Éditions. Grenoble. 1991.
- HAMBURGER, E.W.** Apostila de Física 3 – Para alunos da Física. Mimeo. IFUSP ed. revisada 1978.
- PINHEIRO, T. de F.** Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão. Dissertação de mestrado. CED. UFSC. 1996.
- REICHENBACH, H.** Experience and Prediction Chicago: UCP, Phoenix, 1961.
- RONAN, C.A** História Ilustrada da Ciência. Universidade de Cambridge. São Paulo : Círculo do Livro, 1987.
- ROSMORDUC, J.** Uma história da Física e da Química – de Tales a Einstein. Trad. Leila V. C. Faria. e Nelson V.C. Faria. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 1988