

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: UMA ALTERNATIVA NA CONCEPÇÃO CONSTRUTIVISTA

Pinho Alves, Jose [jopinho@fsc.ufsc.br]

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Física.

INTRODUÇÃO

Em trabalhos anteriores (Pinho Alves, 2000) fizemos uso da Transposição Didática (Chevallard, 1991) para elaborar uma argumentação que indicou o laboratório didático como função precípua de *ensinar o método experimental transformado em objeto de ensino*. Ainda dentro desta argumentação, percebeu-se que a concepção empirista era norteadora dos textos didáticos, através de um discurso literário de formato racionalista. Este formato não impediu que o ensino fosse (e ainda o é) transmitido em um discurso didático de concepção empirista, fortalecendo aspectos factuais da ciência, se impondo dentro de características dogmáticas, lineares e acumulativas.

Há alguns anos, a concepção empirista de ensino começou a ser alvo de críticas. Atualmente, quando se fala em um processo ensino-aprendizagem, não se está pensando no processo tradicional, que caracterizava o aluno como “tábula rasa”. Na perspectiva de reverter este quadro de imprecisão epistemológica, seria urgente adotar uma nova concepção de ciência no discurso didático, que considere o estudante com uma história de vida com experiências pessoais e portador de um conjunto de explicações próprias que procura dar conta de suas relações com o mundo em que vive.

Atualmente os educadores e os mais diferentes didatas, em sua maioria, defendem que a educação é resultante de um processo interativo e não de um processo unilateral. Esta concepção tornou-se mais difundida nas últimas décadas, graças à divulgação dos trabalhos de Piaget, Kelly e Vygotsky, Ausubel entre outros que, através de estudos em psicologia cognitiva, forneceram recursos para análises teóricas a respeito do ensino. Por outro lado, a epistemologia também marca presença com os epistemólogos modernos, entre eles Popper (após 1930), Kuhn (década de 60), Lakatos e Feyerabend (pós 1970) e Bachelard (1975), fortalecendo a concepção construtivista, criticando a imagem empirista-indutivista impregnada na cultura pedagógica tradicional.

É difícil não aceitar a concepção construtivista como construto teórico plausível, em função da argumentação organizada e coerente apresentada por seus autores. Sua adoção como referência implica aceitá-la nas diferentes esferas do saber. Desde o processo de construção do saber sábio (domínio específico da atual epistemologia), passando pelo processo transformador deste para o saber a ensinar (domínio da teoria dos currículos), até o espaço escolar onde ocorre a transposição do saber a ensinar para saber ensinado (domínio das teorias didáticas) e, por que não, para o saber aprendido (domínio das teorias cognitivas).

Com a mudança de paradigma educacional e de concepção epistemológica, se faz necessário partir do saber sábio e, através de novas Transposições Didáticas (interna e externa), fazer com que o laboratório didático não seja incluído por equívoco de interpretação (Pinho Alves, 2000), mas por necessidade imposta pelo processo de construção do saber em

qualquer uma das esferas. Mas o que ocorreria com o laboratório didático em um contexto dessa ordem?

“Estamos, portanto, nitidamente diante de um momento histórico de emergência de um novo paradigma curricular para o ensino de Ciências. Os princípios e diretrizes curriculares e metodologias que vêm sendo preconizados, e fundamentados ao longo dos últimos anos, tem sido enunciados e aplicados de forma geralmente isolada, independentes uns dos outros, carecendo de uma unificação geral coerente e consistente, de maneira a configurar efetivamente um novo modelo ou paradigma, alternativo aos modelos clássicos”.(Amaral, 1997:13)

Tudo indica que, do ponto de vista operacional, a Transposição Didática mais acessível para uma intervenção é aquela que ocorre no processo transformador do saber a ensinar ao saber ensinado. Isto significa atuar no espaço escolar e junto a seus personagens. Será indispensável que a concepção construtivista sobre a produção de Ciência seja assumida pelos responsáveis pela Transposição Didática correspondente e que também haja a adoção da mesma concepção para o processo de ensino-aprendizagem. Estas duas condições devem ser satisfeitas, pois, caso contrário se estabelecerá uma situação de conflito epistemológico, não oferecendo condições para que se realize uma Transposição Didática adequada aos objetivos de introduzir o laboratório didático no processo de ensino, na condição de **elemento mediador para ensinar os conteúdos de Física** e não mais o método experimental.

Nosso objetivo está dirigido à presença do laboratório didático no processo de ensino-aprendizagem de Física na escola média. Reveste-se de importância caracterizarmos este ambiente escolar, cuja dinâmica, jogo de interesses e relações entre seus personagens compõem um nicho epistemológico próprio. Neste espaço, determinados valores são permanentes e devem ser preservados conforme a tradição local ou da comunidade; outros acompanham ou são ditados pelos movimentos sociais e modismos temporários. Ao utilizar-se da Transposição Didática como instrumento, devemos ter sempre presentes as práticas sociais de referência, que refletem os anseios e costumes dos diferentes grupos sociais que compõem a respectiva esfera. Chama-se atenção a este fato pelo motivo de que se está tratando de ambientes escolares e, estes são extremamente sensíveis quando submetidos a estímulos externos. Respostas a estes estímulos podem se diferenciar entre escolas, o que deve ser respeitado e levado em conta, mesmo do ponto de vista teórico, pois influenciam o processo de Transposição Didática. Para efeitos do presente trabalho vamos abandonar situações singulares, procurando descrever e trabalhar em uma situação genérica, mas que represente um ambiente escolar padrão.

Dos personagens da esfera do saber ensinado, o professor é o mais exposto e mais importante, pois é o responsável que executa ou concretiza, com sua prática na sala de aula, os objetivos e finalidades a que se destina o espaço escolar. As demais forças presentes nesta esfera, após o estabelecimento das regras mais gerais, não interferem em demasia no trabalho didático-pedagógico do professor, exceto se o mesmo foge em demasia dos contratos iniciais. Ao professor competem tarefas que podem apresentar desde grau considerável de complexidade até a simplicidade da mera rotina. Entre as primeiras estariam, por exemplo, a elaboração de currículo ou programas disciplinares ou ainda a decisão de escolha de livros textos.

Os fortes interesses editoriais executam, uma intensa distribuição de livros junto aos professores do ensino médio, objetivando difusão de seus “produtos”, o que leva grande número de professores de Física/Ciências a ficarem presos somente a esta bibliografia. Livros

universitários, paradidáticos e outros, praticamente não são consultados para a preparação das aulas. Por isso a bibliografia básica de referência para o ensino médio, tanto para professores como para os alunos se limita, em grande parte das escolas, aos livros “distribuídos”. Estes livros herdaram a concepção empirista em sua estrutura didática, fazendo uso de uma linguagem escrita e matemática simplificada. Atualmente existem algumas publicações que fogem um pouco da estrutura tradicional e apresentam uma composição diferenciada, mas nada que as caracterizem como resultado de uma Transposição Didática radicalmente diferente das demais publicações.

Ao professor é quem cabe, e continuará cabendo, o papel final de executor da Transposição Didática entre o saber a ensinar e o saber ensinado, seguindo as práticas sociais de referência de sua escola e comunidade. Vale lembrar que o corpo docente é um tanto avesso às “reformas ou proposições” quando impostas “de cima para baixo”. Este é um fato cultural em nosso país que, correto ou não, deve ser levado em conta. Práticas sociais são componentes aceitáveis que devem ser conhecidas e entendidas, na expectativa de permitir negociações e mudanças futuras.

1. O LABORATÓRIO NA CONCEPÇÃO CONSTRUTIVISTA

Investigações realizadas, após o período áureo dos projetos, por diferentes autores (Luneta e Hofstien,1991; Millar, 1987 e 1991; Tamir e Lunetta, 1981, Hodson, 1986, Woolnough,1991, Cantor,1993) e mais recentes como Arruda e Laburu (1996), Borges (1997), apresentam os motivos do laboratório didático tradicional de Física, não estar respondendo as expectativas dele esperada, ao mesmo tempo que apontam para um conjunto de razões que o justificam no processo de ensino.

Tamir (1991) constrói o que achou conveniente denominar das “*cinco principais razões que **podem ser oferecidas** como motivo para o laboratório de ciências na escola*”. (grifo nosso), reunindo argumentos de diferentes autores. Tamir (1991:14) cita **(1)** a necessidade do concreto, pois certos alunos teriam dificuldade de aprendizagem. “*As experiências práticas são especialmente eficientes para induzir mudanças conceituais.*” Em Schwab (1960 apud Tamir 1991) encontra o componente essencial à aprendizagem de ciências, que é **(2)** a participação do aluno em um processo de investigação real, por utilizar e desenvolver o conhecimento de procedimentos relativos a habilidades, pois se torna um “*comportamento essencial do aprendizado de ciências como **questionamento***” (grifo nosso). Tamir ainda reforça esta razão (em Ausubel e Bruner) quando afirma que o laboratório “*dá aos alunos oportunidade de apreciar o espírito científico da ciência, e promove habilidade analítica de resolução de problemas*” e ainda “*permite ao estudante que atue como um verdadeiro cientista.*” (Tamir:1991:14). Sua terceira **(3)** razão fundamentada em Gagné justifica o laboratório e suas práticas pelo desenvolvimento de habilidades e estratégias com um largo espectro de efeitos generalizáveis.

A **(4)** quarta razão apresentada por Tamir (1991) é fruto de investigações mais recentes que consideram as idéias prévias¹ dos alunos. O laboratório é visto como o local que “(...)

¹ A denominação de “idéias prévias” é para não caracterizar nossa opção por este ou aquele autor. Pequenas nuances de interpretação, fizeram com que diferentes autores as denominassem de maneira diferente. Entre as denominações mais conhecidas encontramos: "esquemas", "teorias ingênuas", "ciência dos pequenos", "preconcepções", "concepções alternativas", "concepções espontâneas", utilizadas por Viennot (1979); Saltiel (1978), Watts e Zylberstajn (1981), Di Sessa (1982) e Driver (1988), entre outros.

oferece oportunidades únicas de identificar, diagnosticar e suprir as concepções alternativas dos alunos.” (Driver & Bell). Como quinta (5) e última razão “(...) os estudantes em geral gostam das atividades e do trabalho prático, e quando têm chance de experimentar experiências significativas e não triviais, eles se tornam mais motivados e interessados em ciência.”

A transformação do laboratório didático como um instrumento que oferece objetos concretos de mediação entre a realidade e as teorias científicas, está-se radicalmente opondo aos exercícios comprobatórios do laboratório tradicional. Além disso, reduz as interpretações ambíguas dos estudantes, devido à descrição expositiva de um fenômeno. Permite o compartilhar de um mesmo fenômeno e o negociar de uma mesma linguagem, estabelecendo “universais de mesmo significado científicos” evitando as ilusões perceptivas descritas pela Psicologia da Gestalt² que podem ser minimizadas quando todos podem ver a mesma “coisa” concreta.

A participação ativa do aluno em situação de investigação real, proposta na forma de desafio, o instigará na busca de uma resposta correta, entendendo o correto como exercício de um procedimento que se baseia em uma hipótese teórica para a resolução de um problema científico. A liberdade de testar hipóteses presentes nos exercícios experimentais como tentativas de soluções dos desafios propostos, dá a chance de propor diferentes meios ou caminhos para chegar ao resultado desejado. Diferentes exercícios e diferentes caminhos para a solução oferecerão condições ao estudante no desenvolvimento de táticas e estratégias que possam ser utilizadas em outras situações.

Uma das principais razões que justificam o laboratório didático certamente é o “tratamento” das idéias prévias. Por meio do laboratório didático, se torna possível, através de um diálogo questionador, perceber quais as argumentações utilizadas pelos estudantes para explicar o fenômeno envolvido. As diferentes argumentações permitirão ao professor mapear quais os equívocos de interpretação. Cria-se, então, uma oportunidade importante para o professor, que pode discutir tais idéias prévias, colocando-as em cheque concretamente.

O último motivo ou razão fica por conta da motivação e do ambiente mais descontraído que envolve a realização de atividades que fogem do formalismo da aula expositiva. Este ambiente mais descontraído é vital para que os estudantes sintam liberdade de expor suas concepções, sem o receio de julgamento ou avaliação.

Pode até parecer, que as razões apresentadas estejam muito próximas ou sejam parecidas com as do laboratório tradicional: o trabalho de manipulação em material concreto, o desenvolvimento de habilidades, a transferência do aprendizado e a motivação pelo trabalho prático. Entretanto, vale notar, a epistemologia norteadora está implícita no laboratório tradicional enquanto que, no laboratório construtivista se faz explícita, valorizando aspectos diferentes daqueles que envolvem a concepção empirista na sua prática.

2. AMBIENTE ESCOLAR E SUAS RELAÇÕES

² Estas percepções são também conhecidas vulgarmente por “figuras de gestalt”.

Para que o novo “laboratório didático” seja partícipe do fenômeno didático é interessante conhecermos a esfera particular do ambiente escolar. A instituição escolar, particular ou oficial, está submetida à legislação própria de suas instâncias legais, que determinam desde as rotinas escolares até os projetos político-pedagógicos, etc. Por tudo isto seus personagens reagem a novidades legais ou pedagógicas demonstrando, muitas vezes, uma resistência as eventuais modificações que possam alterar em demasia a “tradição escolar”. Os personagens que compõem a esfera de influência no entorno escolar se caracterizam por diferentes interesses. *“Para ele concorrem mais acentuadamente os grupos da noosfera vinculados à comunidade escolar, como a direção de escolas públicas, proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais, a comunidade dos pais e os professores. São inúmeros os aspectos que concorrem para a definição do saber a ser ensinado, mas podemos identificar que ele é definido pela possibilidade de um controle social e legal da aprendizagem”*. (Pinheiro, 1996:46)

A Direção, supervisores e orientadores têm mais de perto a responsabilidade pelo cumprimento da legislação e pela demonstração de (uma certa) eficiência da escola através de um percentual significativo de “aprovações”. Aos pais cabe a pressão por um “bom ensino” e pela aprovação dos filhos. Finalmente, na sala de aula tem-se o professor, o estudante e conhecimento, espaço do saber ensinado em sua última instância (a Transposição Didática interna), cuja relação é mais complexa pela necessidade da existência do diálogo didático, da dinâmica inerente ao espaço e a diversidade de interesses.

Se o aluno é o grande arquiteto de seu aprendizado, o professor é o engenheiro do processo de ensino. No diálogo construtivista entre professor e estudantes é essencial que fiquem claras as características cognitivas dos personagens envolvidos neste cenário. De um lado tem-se a figura do professor com sua bagagem cultural e científica, em condições de exercitar ao máximo suas estruturas e funções cognitivas. De outro lado, os estudantes, adolescentes que, sob a ótica piagetiana, estão na fase de desenvolvimento das operações formais, sendo que *“A principal característica deste período é a capacidade de raciocinar com hipóteses verbais e não apenas com objetos concretos. É o pensamento proposicional, por meio do qual o adolescente, ao raciocinar, manipula proposições. O ponto de partida é a operação concreta, porém o adolescente transcende este estágio: formula os resultados das operações concretas sob a forma de proposições e continua a operar mentalmente com eles”* (Moreira, 1999:98). Esta demarcação das diferenças cognitivas se faz importante, em particular para o professor, para estar atento à proposição de atividades didáticas que permitam um compartilhar coletivo e facilitem a transcendência das operações cognitivas envolvidas. Ao estudante que, por algum motivo, ainda se vê ou se sente um pouco preso às operações concretas, deve ser oferecida a oportunidade de superá-las, iniciando o pensamento proposicional.

Como resultado do processo de ensino-aprendizagem é de se esperar que haja uma transformação nas estruturas cognitivas do estudante. Espera-se que concepções pessoais que não foram abandonadas e substituídas pelas concepções formais ou científicas, pelo menos passem a coexistir com as mesmas. Isto quer dizer que os significados anteriores (os pessoais) já foram alvo de algum tipo de transformação, mínima ao menos, resultando em uma alteração no espectro do conhecimento anterior. Esta transformação passa a se constituir em uma espécie de substrato intelectual, compondo uma base para a construção de novos conhecimentos e assim sucessivamente.

Tais aspectos apontam para uma ou mais atividades didáticas que auxiliem a montagem de um cenário histórico, sob o ponto de vista didático, que criem condições e

favoreçam a indução de um diálogo construtivista na sala de aula. A dosagem dos *tempos didático* (Chevallard, 1991; Johsua e Dupin, 1993) e de *aprendizagem* nos processos de re-personalização, re-contextualização e ressincretização, caminho inverso da Transposição Didática, será essencial para um ensino mais significativo e mais próximo de uma realidade histórica.

Convém lembrar que sempre estamos nos referindo ao espaço didático do ensino médio, onde os estudantes estão sendo apresentados à Física, e que este primeiro contato determinará as relações de afetividade e empatia (Pietrocola & Pinheiro, 2000) com a disciplina. Isto implica que a Transposição Didática do saber ensinado dirigida por uma concepção construtivista, não pode se furtar de trabalhar com a História da Física. Além de expor o contexto epistemológico da elaboração do saber sábio, deverá fornecer subsídios relativos aos eventuais obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1975) e à origem de idéias prévias, oferecendo toda a possibilidade de organizar um cenário didático agradável, motivador e significativo.

3. ATIVIDADE EXPERIMENTAL: UMA PROPOSTA NA CONCEPÇÃO CONSTRUTIVISTA

A adoção do paradigma construtivista fará com que sejam abandonados o laboratório didático tradicional e suas práticas experimentais para a adoção de novas atividades ligadas ao laboratório didático. Estas novas atividades devem estar intimamente ligadas ao *fenômeno didático* que, sob orientação do professor, irá desencadear e mediar o diálogo construtivista na sala de aula. Fenômeno didático é entendido aqui como a dinâmica da mediação planejada pelo professor e sua execução, de forma induzida, por meio do diálogo construtivista na elaboração do conhecimento científico na sala de aula.

Esta nova atividade será denominada “*atividade experimental*” (AE), não com a mera intenção de renomear coisas sabidas, mas para deixar explícito que sua orientação é construtivista, além de diferenciá-la da “*experiência*” do cotidiano e da “*experimentação*” do cientista (Pinho Alves, 2000). Seu papel é oferecer a oportunidade ao estudante de conscientizar-se de que seus conhecimentos anteriores são fontes que ele dispõe para construir expectativas teóricas sobre um evento científico. Isto significa que a AE deve se constituir de tarefas que permitam gerar uma negociação³ sobre conhecimento, na constituição de valores coletivos para a construção do saber físico.

A **atividade experimental** deve ser entendida como um **objeto didático**, produto de uma Transposição Didática de concepção construtivista da experimentação e do método experimental, e não mais um **objeto a ensinar**. Como **objeto didático** sua estrutura deve agregar características de versatilidade, de modo a permitir que seu papel mediador⁴ se apresente em qualquer tempo e nos mais diferentes momentos do diálogo sobre o saber no processo ensino-aprendizagem. E, principalmente, é um objeto de ação que, manipulado

³ Entendemos negociação no mesmo sentido de Fourez (1994), para quem esta palavra significa a utilização e incorporação de saberes que forneçam ao estudante condições de negociar suas decisões diante de situações sociais e naturais. O exercício da negociação tem por consequência a aquisição de autonomia para futuras decisões.

⁴ O termo mediação, tomado no sentido vygostkiano, pode ser entendido como uma intervenção programada e induzida pelo professor no espaço didático, na forma de questionamentos, desafios, estímulos para discussões, etc. A mediação é o criar de condições para que os alunos se apropriem da forma de pensar (Vygotsky, 1988).

didaticamente pelo professor, irá se inserir no discurso construtivista facilitando a indução do fenômeno didático que objetiva o ensino de saberes.

Sua mediação ocorre no espaço entre a experiência do cotidiano e a experimentação do cientista, permitindo mostrar que a mesma “realidade” assume explicações diferentes dependendo da ótica adotada. A visão de mundo construída ao longo da vida (Pietrocola, 1999) pode ser colocada frente à concepção científica estabelecida. A ação mediadora permitirá negociações, relativas às causas e efeitos de um dado fenômeno físico “presente” na sala de aula, facilitando o diálogo didático entre estudantes e professor na construção de “saber compartilhado”. Significa dizer que, a todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (Delizoicov & Angotti, 1991).

É preciso que fique claro que qualquer que seja a atividade experimental proposta, ela não mais subsistirá isoladamente no processo ensino-aprendizagem. Deverá estar presente no momento em que se fizer necessária uma apropriação junto à natureza de eventos ou fenômenos que, manipulados artificialmente por meio do trabalho cognitivo e dos parâmetros já negociados coletivamente, permitam construir uma teoria que dê conta dos objetivos iniciais. O arsenal intelectual que se amplia a cada ação cognitiva do sujeito cognoscente, potencializa-o a solicitar novas atividades experimentais, não mais com a função primária de explicitar concepções prévias ou gerar conflitos. Estas novas atividades experimentais assumem a função de parceria na elaboração de relações formais que expressem as regularidades construídas a partir das observações dirigidas pelas expectativas teóricas propostas a priori. Para que as atividades experimentais produzam e forneçam os elementos desejáveis à configuração teórica preestabelecida, se faz necessária à utilização de práticas coletivas compartilhadas como meio de construção e validação do conhecimento em questão.

As práticas coletivas negociadas em sala de aula, relativas aos parâmetros envolvidos em determinado fenômeno Físico, marcam a necessidade de uma nova negociação que deverá resultar em um processo comum para a coleta, registro e no tratamento de dados a respeito desses parâmetros. A cada atividade experimental, o método experimental é reconstruído, não mais na acepção de ser explicitamente um objeto a ensinar, mas um meio que permita questionar o fenômeno físico focado. Neste contexto, o estudante não se limita a “imitar o cientista” de forma caricatural e artificial, mas através do envolvimento e do desafio de checar suas próprias hipóteses.

Isto quer dizer que o método experimental não deve ser desprezado ao longo do processo de ensino de Física. Não estamos negando a importância do método experimental, mas este pode ter espaço e procedimentos específicos para ser ensinado através de atividades experimentais próprias e didaticamente explicitado. Na seqüência didática poderá ser aberto um espaço para exercícios experimentais de caráter comprovatório, isto é, novas situações físicas ou do cotidiano que respondem à mesma estrutura teórica. Isto favorecerá a generalização de estratégias para solução de problemas, na linguagem de Gagné, como também revelará o potencial do método experimental. Entretanto, é preciso ter clareza de que se trata de um **exercício**.

Em suma, a atividade experimental deve ser interpretada como um instrumento didático. Através dela a negociação se faz presente ao concretizar ambientes didáticos, mostrando in loco a acomodação ou o amoldamento da teoria aos fatos e as limitações

teóricas envolvidas. Descarta o dogmatismo e o determinismo teórico que se mostra nos livros didáticos, onde a natureza parece se adaptar aos *Princípios Físicos* e não o contrário.

4. OPERACIONALIZANDO A ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Um processo de ensino que se inspire na concepção construtivista, não terá como justificar um papel passivo do estudante quando da realização de uma atividade experimental. No entanto, sua participação ativa, deve ser entendida não apenas quando é exigida alguma tarefa motora, mas também no processo de negociação do saber. A possibilidade de agir no processo de negociação do saber é a característica mais importante dentro de uma visão construtivista.

O fenômeno didático, por restrições temporais, admite no processo transformador do saber ensinado uma *ação indutiva* por parte do professor, na organização de seu discurso didático. Aqui a indução é atributo dos procedimentos didáticos e não a concepção de ciência.

Não é nossa intenção propor **prescrições** detalhadas relativas ao uso de atividades experimentais, tal como os antigos roteiros. Isto porque, se o fenômeno didático se fundamenta em um “diálogo construtivista em sala de aula”, de certo modo, é impossível prever as inúmeras possibilidades e ramificações que o mesmo pode assumir. Qualquer tipo de receita prescritiva que venha a se pensar irá barrar a espontaneidade do processo, fazendo-o retomar o dogmatismo tradicional. Em uma situação idealizada, seria de esperar disponibilizar ao professor um acervo para os possíveis encaminhamentos do diálogo didático. A impossibilidade de prever estas diferentes alternativas e suas conseqüências justifica o *induzir didático* do professor. Sua “vivência” profissional permitirá uma análise das necessidades da situação, encaminhando-a na busca de “experiências pessoais” dos estudantes, que desemboquem em alternativas previsíveis e didaticamente controladas. Ao professor caberá a tarefa maior de perceber qual atividade experimental deverá escolher e como será trabalhada. Fenômenos didáticos diferentes farão uso de atividades experimentais diferentes, sejam elas justificadas pelos diferentes conhecimentos físicos envolvidos, sejam pelos diferentes grupos de estudantes.

Nas atividades experimentais, a figura do tradicional relatório não tem mais o significado e a forma tradicionais. As atividades experimentais não são alvo de um roteiro prescrito passo a passo, mas estão ligadas às dinâmicas do diálogo construtivistas da sala de aula. Neste diálogo o professor organiza a recontextualização do saber que, do ponto de vista didático, é a reconstituição do cenário da descoberta. Neste momento o que pode caber são registros dos mais variados, isto é, desde a listagem de atributos, possíveis hipóteses das relações causa-efeito, propriedades já conhecidas, listagem de variáveis negociadas, relações causais...etc., frutos do diálogo de sala de aula. Estes registros quando, posteriormente, submetidos ao processo de organização do saber na formalização das relações causais ou das relações funcionais entre as grandezas físicas, fornecerá condições para que o estudante seja o agente construtor de seu conhecimento e possibilite também a sua apresentação por escrito. A produção escrita do estudante, em geral não deverá ter a configuração de um relatório descritivo, mas a de um novo saber construído por ele estudante. Os registros experimentais, substituindo a receita dos antigos relatórios, poderão contemplar com maior destaque o relato do estudante, na tentativa de expressar por escrito, como entende o evento físico que está sendo estudado. A principal idéia é promover a máxima participação do estudante quando da atividade experimental, independente da forma que seja feita. Ao mesmo tempo, oferecer

condições e incentivar o estudante na elaboração de um produto que reflita sua aprendizagem, como também auxiliar ao professor com um bom instrumento de avaliação.

Muito foi falado do diálogo didático, negociações e compartilhamentos no espaço escolar. Estes fenômenos didáticos concernem à presença de três personagens: o estudante, o professor e o conhecimento. Todos já foram referenciados, mas resta colocar que cabe ao professor a maior atribuição para provocar um diálogo didático conseqüente. Também já nos referimos a ele como responsável pela implantação de uma nova concepção de ensino e do gerenciamento do tempo didático e engenheiro do processo de ensino. De certo modo, o professor é o “representante” mais próximo da noosfera e, como decorrência, carrega todo o estigma que acompanha a mesma. Na realidade queremos nesta discussão, justificar a necessidade de transcender o discurso acadêmico de análise e proposições teóricas aliado ao aliciamento intelectual em direção a novas concepções epistemológicas. Queremos que o professor esteja municiado com sugestões o ajude a direcionar seu diálogo construtivista em sala de aula, ao invés de algumas receitas sobre atividades experimentais. E dentro dessa perspectiva serão oferecidas algumas alternativas de como atividades experimentais podem participar no processo de ensino de Física.

Finalmente, quanto ao material experimental para organizar as diferentes atividades experimentais não será motivo de discussões maiores, pois quaisquer tipos e formas de objetos, artefatos, equipamentos e instrumentos de medidas, de origem industrial ou alternativo, ou ainda de simples improvisação, podem e devem ser utilizados.

5. CATEGORIAS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.

Pretendemos associar ao universo de possibilidades dos diferentes momentos do diálogo construtivista professor-aluno, atividades experimentais mais pertinentes ao contexto deste ou daquele diálogo. O professor ao dominar os objetivos de seu ensino tem condições de dar a direção deste diálogo. Tal condição lhe permite conhecer a bagagem intelectual de seus estudantes utilizam para se exprimir acerca de fatos da natureza e mapea-las para escolher uma atividade experimental mais adequada para mediar aquela situação de ensino. A proposição da atividade experimental será **induzida didaticamente**, de modo a manter a autonomia do professor na condução do fenômeno didático, o que de modo algum invalida ou restringe a autonomia dos estudantes em propor outras atividades.

A intenção é auxiliar o professor, não na prescrição detalhada de atividade experimental, mas em categorias de atividades que se fazem adequadas a determinados momentos do diálogo didático. Estas categorias são amplas e abrangentes e tem por finalidade orientar aqueles aspectos que um ensino construtivista pode/deve contemplar. Pretende-se apresentar a “sinopse” do roteiro didático e não os “scripts” do discurso didático. Significa entender que para uma turma de alunos, o andamento da aula ocorre de uma certa forma, enquanto que para outra turma o andamento será diferente. Fazendo uma analogia literária, ter-se-ia em todas as turmas o mesmo final da história, mas o enredo de cada uma será diferente. Os diferentes enredos didáticos exigirão do professor atenção na escolha da atividade experimental que mais se adequa a situação de ensino que ora se apresenta. As categorias estão dirigidas ao momento didático, isto não significa que uma mesma atividade não possa fazer parte ou ser utilizada em outra categoria. Ou ainda, uma atividade pode ir se transformar de uma categoria para outra no decorrer de uma aula.

As classes de atividades têm como objetivo facilitar ao professor a opção por aquelas que, por seus atributos ou qualificações, melhor satisfaçam necessidades para uma situação de ensino em questão. Em outras palavras, a classe de atividades está relacionada aos diferentes momentos de um processo de ensino aprendizagem, fornecendo os indicativos de seus atributos ou qualificações.

5.1- Atividade experimental histórica

Grande parte dos conteúdos estudados em Física tem sua contextualização histórica omitida por razões ditadas no processo da Transposição Didática no “*tempo lógico*”. Onde encontrar (por exemplo), em textos escolares elementos históricos sobre o estudo da dilatação dos corpos? No processo de transposição ocorreu a perda do contexto histórico original em que o respectivo saber foi elaborado. Tais situações, no entanto, são raras nos livros didáticos de Física, o que implica na necessidade vasculhá-las na História, o que nem sempre é fácil. No processo de Transposição Didática do saber ensinado é vital a recontextualização histórica, visando diminuir ao máximo as características dogmáticas contidas no saber a ensinar. Em outras palavras, é preciso que o professor faça a aproximação entre os tempos “real” e “lógico” da maneira mais didática possível, reconstituindo o “*contexto da descoberta*”. (Pinho Alves, 2000)

A possibilidade de reconstituir o cenário histórico ligando um determinado saber sábio através de uma atividade experimental, valoriza o contexto histórico permitindo ao professor ensinar de forma menos dogmática. No entanto, uma ressalva se faz necessário: que o uso da História da Ciência não ocorra com conotação de anedota (maçã de Newton) ou bibliográfico ou cultural (estilo, você sabia que...). A História da Ciência deve inspirar um cenário próprio para uma recontextualização epistemológica, caso contrário não tem sentido no fenômeno didático.

Pietrocola (1993) reforça nossa posição quando chama a atenção para o fato de que raramente são considerados os processos de obtenção do conhecimento e os contextos históricos nos quais eles se desenvolveram. *"Assumindo o conhecimento da Física como a-histórico, nega-se qualquer tentativa de inseri-lo dentro de um contexto de construção, onde a estrutura atualmente aceita das teorias seja o fruto de um processo lento de maturação e adequação aos fenômenos naturais estudados (...) cria-se o mito da relação direta entre o conhecimento Físico e a realidade natural, onde a função humana é a de mera coadjuvante"* (Pietrocola, 1993, 8).

Um bom exemplo do que estamos comentando é a construção da pilha de Volta, que trás todos os ingredientes históricos e humanos, para ser entendida como uma atividade experimental histórica. Favorece a discussão sobre os métodos de investigação, as “observações” intencionadas, as respectivas interpretações, os conflitos científico e pessoal entre seus personagens (a grande polêmica com Galvani). Apresenta ainda, em nosso entendimento, aquilo que, acreditamos ser de grande importância, que são os objetivos da investigação científica básica que busca a resposta de um fato e, quando obtida, oferece como “subproduto” dessa pesquisa, um dispositivo novo – **a pilha elétrica**. Mostra que Volta não estava pesquisando a pilha, mas procurando uma resposta aos argumentos de Galvani sobre o movimento das pernas de uma rã que fazia parte de um “circuito” elétrico. Como elemento de “formação” ao estudante, oportuniza um discurso sobre a importância da pesquisa básica e o que significa pesquisar “coisas” que no momento não tem uma aplicação imediata, mas

respondem a problemas específicos do saber sábio e no futuro poderão ser partes de respostas mais amplas ou aplicações tecnológicas.

Outro exemplo explícito de um “momento histórico” que se apresenta um tanto solto nos livros didáticos, com forte intenção motivacional e folclórica é a experiência de Oersted. Em alguns livros textos é descrita em poucas linhas acompanhadas de gravuras de um fio e uma bússola e noutros quase como nota de rodapé. O nome de Oersted, quando mencionado, é acompanhado das datas nascimento e morte, nacionalidade, etc. Outros textos dedicam algumas linhas a mais, valorizando as circunstâncias “do acidente científico”. Comentam que o resultado observado é produto de um feliz “acaso” e, muitas vezes, é o assistente de Oersted quem leva os louros pelo acidente experimental do movimento da bússola.

No processo de Transposição Didática do saber ensinado, o atributo da recontextualização histórica permite criar um cenário didático rico e diversificado. Ao contextualizar a presença de um problema presente na comunidade científica é possível reforçar os comentários relativos aos mecanismos de produção do saber sábio. Deixar em evidência que o fato da corrente elétrica produzir efeitos magnéticos era preocupação e estava presente no trabalho de vários pesquisadores e não só de um. Ou seja, que mais cedo ou mais tarde seria encontrada a solução. Este discurso didático antecipa que a descoberta de Oersted não foi um acaso e nem se ajusta em uma visão folclórica da ciência.

Outro aspecto que mostra a riqueza deste momento histórico é a possibilidade do professor utilizar o texto original de Oersted⁵. Uma atividade experimental seria a reconstituição pelos estudantes do trabalho de Oersted baseada em seus próprios escritos. Seria uma das raras situações em que ocorreria diretamente uma Transposição Didática do saber sábio para o saber ensinado.

O envolvimento do estudante nesta reconstituição experimental mostrará as dificuldades e os cuidados experimentais envolvidos na experiência e que a observação, nesta situação, era o “instrumento” que possibilitava verificar as eventuais alterações da agulha da bússola. É importante a ênfase na observação, pois esta se faz presente devido a uma proposição inicial: a correlação entre os efeitos da corrente e o magnetismo (pré-teoria). Chama-se atenção a este fato, pois a observação é desvirtuada nos livros didáticos pela insistência de um acidente experimental levando a fortalecer a concepção empirista da ciência.

5.2- Atividade experimental de compartilhamento

A construção do saber sábio implicou em negociações, para que os mesmos fenômenos fossem analisados pela mesma ótica. As variáveis de análise e a métrica adotada tiveram de ser compartilhadas pelos diferentes sujeitos, possibilitando a comunicação por meio de uma linguagem comum e interpretações dentro do mesmo quadro teórico. Transpondo para o campo didático, a negociação e o compartilhamento poderiam ser entendidos como a adoção da mesma *gestalt*. É o momento em que os estudantes frente à dada situação passem a “vê-la da mesma maneira ou ver as mesmas coisas”. Para isto é necessário que a referida situação seja posta à vista de todos e o professor induza o “olhar” dos

⁵ “*Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética*”. *Cadernos de história e Filosofia da Ciência* 10 (1986), pp.115-122. Tradução de Roberto de Andrade Martins. No mesmo número desta revista se encontra um artigo de Roberto de A Martins, intitulado “*Oersted e a descoberta do Magnetismo*” [pp 89-114.] que analisa criticamente o significado do trabalho de Oersted e suas implicações à época.

estudantes para os elementos presentes, possíveis relações ou variáveis de interesse. Este processo pode ser entendido como o equivalente no fenômeno didático da negociação de noções compartilhadas, indispensáveis para a construção do conhecimento formal.

Muitas das dificuldades e entraves que ocorrem no processo de ensino-aprendizagem, tem sua origem nas diferentes interpretações que os estudantes elaboram sobre o que vêem. Por vezes as “descrições” do professor levam o estudante **imaginar** coisas desvirtuadas do objeto focado. Tais indicativos determinam que o professor precisa considerar estas condições para trabalhar a Transposição Didática do saber ensinado. Suas aulas necessitam oferecer situações que dêem oportunidade aos estudantes de suprirem tais deficiências, sem esquecer do objetivo de estabelecer uma linguagem de significados. Uma resposta didática que satisfaz aos comentários acima pode ser encontrada em uma atividade experimental que, favoreça uma apresentação coletiva, facilitando a indução didática na direção de que todos passem a ver e interpretar “a mesma coisa da mesma forma”, ou seja, se impõe a mesma *gestalt*.

Do ponto de vista técnico este tipo de atividade experimental deve permitir a *visualização real* das diferentes partes que irão compor o conjunto de variáveis físicas do evento. As relações de causa e efeito devem ser tão visíveis quanto possíveis, facilitando quando do início da fase de formalização das grandezas físicas. Neste primeiro momento, a ênfase deve ser dada à linguagem, isto é, a valorização do qualitativo pela descrição correta das variáveis e suas possíveis relações de causas e efeitos.

Vamos exemplificar com uma atividade experimental bastante simples. Escolhemos como Saber Ensinado a unidade Ondas, admitindo ser o primeiro contato dos alunos com este assunto. A quantidade de grandezas envolvidas no movimento ondulatório e a denominação específica para referir-se a determinados pontos ou posições de uma onda, em geral causam muita confusão e uma variedade de interpretações. A atividade proposta poderia ser realizada com auxílio de uma corda apoiada no chão onde se produzem oscilações, permitindo aos estudantes associar grandezas físicas às diferentes formas e pontos da corda como possíveis de serem medidas. Ao professor cabe promover a respectiva indução didática, aceitando as proposições livres dos alunos e orientando o diálogo na direção de proposições mais universais e de aceitação coletiva. Na corda vibrante, elementos fundamentais para o estudo de ondas, como nós, ventres, cristas, alongação, amplitude, etc. podem ser compartilhados com mais facilidade e mais fortemente aceitos se mostradas e manipuladas pelos estudantes que os tradicionais “esquemas ou desenhos” no quadro de giz.

Atividades de compartilhamento seriam aquelas que permitem acentuar as variáveis envolvidas em um fenômeno, eventuais relações de causa e efeito sob a **ótica qualitativa**. Poderia também ser interpretada como a localização de variáveis e o batismo das grandezas físicas.

5.3 - Atividade experimental modelizadora

Devemos lembrar que a Física como ciência se estrutura em teorias que permitem a construção de modelos, cuja vida média está ligada ao poder de resposta adequada e aceitação pela comunidade científica na esfera do saber sábio. Isto implica que o modelo é uma construção arbitrária e provisória, e será substituído no momento em que se mostrar inepto para explicar um conjunto maior de eventos. A importância de modelos não está só junto aos cientistas, mas também aos investigadores da área de ensino. “(...) *se as práticas dos*

cientistas envolvem elaboração de modelos, então é necessário que a educação em ciências trate também do tema modelos, seja em suas investigações, seja em suas práticas pedagógicas, formais ou informais”.(Colinvaux, 1998:9)

O texto de Colinvaux (1998) demonstra claramente a preocupação dos investigadores em ensino quanto ao papel do modelo; como facilita o entendimento do que é modelo; como são formados e utilizados; formas de aprendizagem de modelos e tipos de modelos. Por facilidade, no momento vamos empregar a classificação de Kneller (1980), já utilizada por nós em outro trabalho (Pinheiro, Pinho e Pietrocola, 2001). Para Kneller existem três categorias de modelos: (a) representacional; (b) imaginário e (c) teórico. A primeira categoria, também conhecida como maquete, se refere a representações que se utilizam dispositivos e material concreto para construir miniaturas daquilo que intenta explicar.

Esta preocupação dos investigadores é real, porque os livros didáticos apresentam os modelos físicos ou científicos em uma linguagem tal, que os estudantes passam a aceitá-los como se fossem reais, isto é, como se a natureza fosse realmente aquela descrita pelas propriedades anexadas ao modelo. Em alguns casos, o poder de adoção do modelo científico faz dele um retrato fiel da realidade tão forte no estudante, que este passa a imaginar que o modelo determina o comportamento da natureza. O modelo se torna a fotografia formal da natureza e determina como ela deve se comportar e responder as relações formais. A frase “*A teoria é uma e a prática é outra*”, tem muito que ver com as respostas previstas pelo modelo. O tom enfático e dogmático exibido no discurso literário do saber a ensinar através dos livros didáticos, incentiva este tipo de interpretação por parte do estudante.

É no processo da Transposição Didática do saber ensinado que deverá ser realizada a intervenção para eliminar, pelo menos diminuir, o pragmatismo do discurso do saber a ensinar. Para tanto, será necessário conduzir o fenômeno didático para fazer uso da modelização, entendida como “*(...) um processo que consiste na elaboração de uma construção mental que pode ser manipulada e que procura compreender um real complexo.*” (Pinheiro, Pinho & Pietrocola, 2001).

Quando uma explicação oferecida pelo professor não se fizer bastante clara para a compreensão de um certo saber, fundamentado nas possíveis relações causais do evento físico com o objetivo de construir um modelo, o processo de modelização possibilitará a sua elaboração facilitando sua compreensão e apropriação. Isto serve para qualquer momento do processo de ensino, pois para Larcher (1996) a modelização no ensino, pode ser utilizada tanto em situações gerais, de novos saberes, ou para situações particulares quando o aluno já dispõe de algum conhecimento. Além do que “*Um modelo pode então ser visto como um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação [atividade experimental]; e que ajuda a fazer previsões, guiar a investigação, resumir dados, justificar resultados e facilitar a comunicação*”.(Colinvaux, 1998:17). O modelo, portanto, pode se mostrar como uma estrutura hipotética que guia a observação experimental, isto é, como uma pré-teoria acerca de um dado fenômeno físico.

Isto vem ao encontro de nossa proposição de atividades experimentais de modelização. Astolfi (1995) também afirma que o trabalho didático sobre a modelização pode ser desenvolvido através de um trabalho experimental. Pinheiro (1996:99) também valoriza o potencial da atividade experimental quando afirma que “*Acreditamos que as atividades experimentais podem funcionar como situações onde os alunos atuem como modelizadores e que, desse modo, compreendam a utilidade relativa dos modelos*”. Mais adiante a mesma

autora propõe “... *uma unidade de ensino que consiste numa seqüência didática na qual se promove a modelização de variáveis*” (Pinheiro,1996:101). Nesta seqüência didática são propostas oito atividades, realizadas pelos alunos com material de baixo custo, objetivando a modelização matemática de funções. Uma destas atividades, onde são utilizadas peças de um jogo de dominó, são detalhadas por Pinheiro, Pinho e Pietrocola (2001), reforçando a categoria das atividades experimentais modelizadoras.

A Transposição Didática do saber ensinado que fizer uso do processo de modelização através de atividades experimentais deverá considerar que tal procedimento não é geral, pelo contrário, é restritivo. Este processo só terá significado naqueles modelos físicos onde é possível distinguir dois aspectos complementares que, necessariamente, devem ser encontrados presentes no processo de modelização: o *modelo teórico* e o *modelo empírico*. O modelo teórico está relacionado ao caráter hipotético e o modelo empírico é resultado de um tratamento de dados, tendo por base o modelo teórico.

5.4- Atividade experimental conflitiva

O fenômeno didático que não respeitar as idéias prévias dos estudantes terá dificuldade de ser considerado de concepção construtivista. Estas idéias ou concepções que os estudantes indicam que tem origem na interação sócio-ambiental. Tais relações concretizadas por meio de experiências, desencadeiam uma espécie de processo de produção e acúmulo de informações baseadas nos sentidos, estabelecendo algumas estruturas mentais que permitem construir suas explicações sobre o mundo. Elementos com valores individuais e coletivos serão também agregados como ingredientes na construção individual. Pietrocola (1999) detalha este coletivo, chamando à sua participação instituições como a família, a comunidade onde o indivíduo vive, com seus padrões de comportamento e valores. Ao mesmo tempo, os padrões individuais por manterem elementos comuns entre os diferentes sujeitos pela necessidade de comunicação, passam a compor uma supra-estrutura, que é o senso comum.

Quando no processo didático o professor solicita alguma explicação aos estudantes, relativa a um evento físico, não raras serão as explicações que se farão com base nas idéias prévias concebidas por eles no ambiente extra-escolar. A literatura é rica em exemplos de situações onde as concepções dos estudantes entram em conflito com as concepções formais da ciência. A título de exemplo podemos citar trabalhos que tratam sobre força (Viennot,1979); leis de conservação (Orquiza de Carvalho e Villani, 1996); fenômenos eletrostáticos (Furió, Guisasola & Zubimendi, 1998) e eletrodinâmica (Johsua, 1993; Closet 1993)

A proposição de uma atividade experimental conflitiva está em propiciar ao professor elementos que permitam por em cheque as concepções não formais dos estudantes. Viabilizando o conflito, vai direcionando o diálogo construtivista no sentido de mostrar a inadequação e limitação de suas explicações pessoais. O desejado é que o estudante passe a aceitar e dominar a concepção científica pela reestruturação de suas idéias prévias e não obrigado pelas regras do sistema escolar. Mesmo assim, não se pode deixar de levar em conta que, a aceitação de novas concepções signifique abandono das anteriores.

Uma atividade experimental deste tipo permitirá ao estudante agregar, no conjunto de suas experiências pessoais, uma “experiência” diferente que, certamente, servirá de padrão ou referência para futuras construções mentais. Particularmente no ensino médio, a presença da atividade experimental como mediadora em um fenômeno didático que trata com o conflito

entre as idéias prévias e concepções científicas, são de extrema importância. O ensino tradicional que não considera as idéias prévias, fundamentado na transmissão oral dogmática, além de não cumprir sua finalidade deixa “seqüelas” intelectuais difíceis de serem removidas. É mais importante ainda, a grande maioria desses estudantes nunca mais estudará Física, o que de certa forma, pode perpetuar as idéias prévias como estruturas mentais para construir explicações relativas aos eventos do mundo.

Tais atividades experimentais devem oferecer oportunidade de eliminar as diferentes gestalt que possam surgir no evento em estudo e, ao mesmo tempo, permitir ao estudante checar suas concepções ou “hipóteses”.

Outro tipo de conflito, de diferente origem e não muito comum poderá ocorrer em sala de aula. Vamos supor que ao iniciar o conteúdo de Cores, o professor faça a pergunta: “Misturando todas as cores, qual é a cor resultante?” A resposta para a grande maioria será: “É o branco”. Segue o professor: “Esta afirmação é válida para qualquer mistura?” Obviamente este diálogo é direcionado e se compõe de meias informações no sentido de criar impacto. Com isto dá condições ao professor para criar um cenário e oferecer uma atividade experimental que estabeleça um conflito de interpretação. Ao exibir o resultando da mistura de fontes luminosas de diferentes freqüências e a mistura resultante de um grande número de pigmentos utilizados para pintura, os resultados certamente falarão por si.

5.5 - Atividade experimental crítica

É uma atividade experimental de formação muito próxima a da categoria conflito, mas parte de outro contexto. As idéias prévias também se mostram presentes, só que de forma diferente. Em Física existem alguns conceitos ou definições, que guardam entre si uma diferença que é extremamente sutil. Por outro lado, a linguagem diária faz uso de uma ou outra, definições ou conceitos, para as mesmas situações de forma indiscriminadas.

Sem dúvida nenhuma, não haverá professor que negue a dificuldade dos estudantes diferenciarem calor e temperatura. Não vamos aqui discutir sobre as confusões cotidianas, do tipo “o dia está quente”, “estou com calor”, etc., pois todo professor de Física sabe que esta confusão permanece, mesmo que as respostas às questões das provas e avaliações, estejam formalmente corretas. No senso comum existe uma certa paridade de interpretação ao que se entende por calor e temperatura, que não incomoda nenhum dos interlocutores. Já na Física representam conceitos bem estabelecidos e diferentes, onde a eventual troca acarreta conseqüências de interpretação ou de resolução de um problema.

Ao trabalhar com conteúdos relativos a calor e temperatura, é fundamental que o professor consiga êxito no fenômeno didático, de maneira que o estudante aprenda a diferenciar um do outro. Não seria falso afirmar que, para o aprendizado dos conteúdos de Termologia e correlatos, é crítico o aprendizado dessas “variáveis”. Se historicamente também houve certa dificuldade na definição dessas grandezas, não seria de estranhar que o mesmo ocorra em sala de aula.

Esta é o tipo de situação de ensino que exige uma atividade experimental muito particular, pois é preciso que consiga mostrar explicitamente as diferenças entre as grandezas envolvidas de forma mais clara possível. Daí denominarmos este tipo de *atividade experimental crítica*, pois ela é de vital importância no diálogo construtivista. Para o nosso exemplo, calor e temperatura, a atividade sugerida é simplesmente colocar a água a ferver

acompanhando o aumento da temperatura da água com um termômetro e o fornecimento de “calor” pela fonte. A variação do calor, para mais ou para menos, após a água ferver deixa claro que o “gasto de energia” da fonte não leva ao aumento da temperatura. Nesta ocasião o professor tem a oportunidade de induzir um diálogo que leve a diferenciar as grandezas envolvidas na situação física em questão e oferecer condições aos estudantes de trabalharem os conceitos envolvidos. Outros conceitos de relativa proximidade, por exemplo, seriam resistência elétrica e resistividade; calor específico e capacidade calorífica e outros mais.

5.6 - Atividade experimental comprovação

Provavelmente seja esta um tipo de atividade experimental que não traga nenhuma ou quase nenhuma novidade à tradição escolar, visto que seu objetivo é comprovar leis físicas, verificar previsões teóricas e *exercitar* o método experimental. As críticas feitas anteriormente se detinham no fato de que este tipo de atividade era predominante e estava atrelada a uma concepção de ensino empirista. Isto não implica que a atividade em si deva ser rejeitada. Em uma concepção de ensino construtivista, onde já tenha ocorrido o processo de ensino aprendizagem com o compartilhamento de variáveis, construção de modelos, estabelecimento de leis, conceitos etc. se faz importante um espaço para confirmação das previsões teóricas.

Assegurado à construção do saber ensinado, uma atividade experimental desse tipo funciona como um exercício tradicional só que mais rico, pois adiciona a manipulação e os procedimentos do método experimental. O fenômeno físico, objeto de trabalho desta atividade, não deve ser novidade ao estudante, mas deve atuar como suporte fenomenológico para dar validade e comprovar a teoria aprendida em situações novas. Essas atividades podem explorar, de maneira concomitante, o método experimental, pois as relações de causa-efeito já estão aprendidas e com isto abre-se espaço para enfatizar o método experimental como um instrumento de investigação. Nada impede, pelo contrário, que após a aquisição de habilidades e técnicas relativas ao método experimental, deva ser incentivado o desafio de solucionar problemas mais abertos, que necessitam de novos procedimentos experimentais para serem resolvidos. Neste tipo de desafio, deve ficar claro ao estudante que ele deverá se comportar como se fosse um cientista resolvendo seus problemas, como já discutimos amplamente.

Vamos nos abster de exemplificar essas atividades por sua formatação ser bastante conhecida. O repertório de tais atividades é mais ou menos comum nos mais diferentes livros ou textos que recomendam experimentos. Em uma interpretação livre, já mencionada, poderíamos dizer que elas compõem um conjunto análogo ao conjunto de exemplos resolvidos e problemas padrões dos livros didáticos.

5.7 - Atividades experimentais de simulação

Vimos que as atividades experimentais modelizadoras são próprias para o tratamento de modelos que conjugam os elementos *hipotético e empírico*. Para tais modelos existe uma certa facilidade de obter materiais experimentais adequados para o planejamento de atividades pertinentes ao saber em discussão. No entanto, em Física não existem somente modelos que agregam o hipotético e empírico. Nas atividades modelizadoras tivemos oportunidade de apresentar a classificação de Kneller (1980), que contempla três grandes tipos de modelos, entre eles os modelos teóricos.

Pelo fato de não conter elementos hipotéticos e empíricos em geral que permitam o manuseio pelo estudante, o modelo teórico é aceito como fato dado. Dificuldades práticas

relativas a uma modelização adequada do mesmo, ao uso e manipulação do próprio modelo, concorrem para a visão dogmática, *“No entanto, é apropriado identificar atividades de laboratório que consomem muito tempo e não oferecem experiências eficientes de aprendizado e, converter estes laboratórios, ou elementos dele, em atividades melhoradas de simulação”*.(Lunetta e Hofstein, 1991:126). Os autores se referem às simulações realizadas por computador ou com uso de vídeos. Queremos aqui demarcar que nossa concepção de atividades experimental de simulações é aquela realizada via mídia (computador, vídeo etc), onde estão ausentes as montagens, instrumentos e ou outros objetos concretos. A atividade experimental de simulação está restrita ao uso de equipamentos de mídia e dos respectivos softwares.

O número de modelos teóricos que o estudante do ensino médio está sujeito não é pequeno e, muitos, com grau de complexidade significativa. Tomando apenas como exemplo mais conhecido, citamos o modelo atômico, que além dos elementos Físicos, a Química amplia-no com números quânticos, orbitais, níveis e subníveis. É de se concordar que esta complexidade que envolve o modelo atômico, sem uma modelização adequada, certamente acarretará a aceitação dogmática. Existem tentativas de representações (modelo maquete ou representacional), mas são estáticas como fotografias que registram um determinado estado do átomo, esquecendo que o importante é a dinâmica que envolve o processo, objeto de explicação do modelo teórico. Lunetta e Hofstein (1991) confirmam que simulações no ensino do modelo de Bohr, de reações nucleares ou químicas, o modelo cinético molecular ou ainda relativo ao a corrente elétrica (fluxo de cargas) podem melhorar a compreensão conceitual. Os autores justificam que *“Simulações de computador e vídeo são, particularmente, apropriadas quando os experimentos são difíceis, longos, ou perigosos de se realizar quando os equipamentos necessários são muitos grandes”*. (Lunetta e Hofstein, 1991:128)

Se no passado havia restrições da apresentação ao estudante de situações estáticas, algo como “fotografias”, que tentavam sugerir entre uma foto e outra a dinâmica que o modelo teórico concebia, hoje em dia tal restrição está superada. Atividades experimentais que fazem uso de programas de simulação podem auxiliar o professor na organização de momentos didáticos que vão introduzindo, senão todos, mas alguns dos elementos de um modelo teórico de forma dinâmica. A escolha de objetos compartilhados, a associação de propriedades necessárias para o momento, às articulações entre as propriedades por meio de suas variáveis e, finalmente, a estrutura generalizante do modelo.

O estudo da Teoria dos Gases, modelo atômico, oscilador harmônico são, entre outras já citadas, situações físicas extremamente ricas para fazer uso de simulações. Modificações nas variáveis envolvidas nas relações de causa e efeito no modelo proposto podem ser facilmente percebidas de imediato. Cuidados são necessários para não agregar em certos objetos, propriedades outras que os mesmos não possuem, induzindo o estudante a passar enxergar a realidade como se fosse organizada com aqueles objetos, se comportando com aquelas propriedades a eles atribuídas. Além do que, muitas dessas propriedades já são construções teóricas que necessitam, por sua vez, um domínio prévio. Neste contexto teórico é previsível uma certa resistência por parte do estudante de aceitar o modelo proposto e, mais, entende-lo como forma representativa de uma concepção humana.

As simulações atualmente, por força da tecnologia, são uma tentação aos mais desavisados para fazer dela a alavanca “moderna” do ensino. O simples domínio de uma tecnologia não deve e não pode negar situações didáticas pela simples inovação, é necessário ter sempre o estudante como o sujeito de aprendizagem, daí compartilharmos da afirmação de

que “É importante que os alunos tenham contato com materiais reais de modo a fazer a ligação entre teoria e prática, e desenvolver a compreensão da realidade física e biológica. É importante também garantir que os alunos tenham clareza dos passos envolvidos na realização de uma pesquisa. Deste modo, quando uma unidade pode ter **uma atividade relativamente simples de laboratório, que não envolve extensa instrumentação, é melhor conduzir esta atividade no laboratório, e não simulá-la.** Por outro lado, alguns conceitos básicos não são fáceis de experimentar diretamente, devido a limitações de tempo, tamanho, perigo, ou falta de recursos. Atividades que envolvem tais conceitos são boas candidatas a serem simuladas.” (Lunetta e Hofstein, 1991:137)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa análise, em que utilizamos a Transposição Didática como instrumento, deixou claro que processos ocorridos na elaboração de textos escolares foram marcados pela visão empirista onde a exposição dos fatos, do empírico e da experimentação tem prioridade e lugar de destaque. Estes processos reconstróem o saber sábio, aquele construído pelo cientista em dado momento histórico, em um novo saber após, despersonalizá-lo, dessincretizá-lo e descontextualizá-lo, tornando-o um novo objeto de ensino, apropriado para a educação científica. Ou, neste contexto, a experimentação, objeto e instrumento do trabalho investigativo do cientista têm seus procedimentos experimentais (o método experimental por excelência), convertido em objeto a ensinar, e faz do laboratório didático o nicho particular de ensino.

O laboratório didático, por seu turno, também foi motivo de uma análise sob a ótica construtivista. A literatura oferece o apoio de vários autores que mostram a pertinência do laboratório didático no ensino de ciências. As razões que justificam o papel do laboratório didático e a função que este desempenha no processo de ensino são sintetizados em cinco pontos. A diferença é que, na concepção empirista, o laboratório tinha sua manutenção garantida pela primazia de ensinar o método experimental, enquanto na concepção construtivista deverá exercer a função de mediação entre as idéias prévias e concepção de ciência manifesta pelos estudantes e uma nova concepção de ciência, sendo que o próprio processo de ensino do saber se fundamentará em um diálogo didático de mesma concepção.

Afastando-nos de práticas prescritivas ou dos receituários tradicionais sobre o uso do laboratório didático, optamos por classificar as atividades experimentais em categorias relacionadas aos diferentes momentos didáticos que podem ocorrer em sala de aula. Não nos ativemos aos detalhes das atividades pela extensão do trabalho e por não ser nosso objetivo. Nossa ousadia foi procurar caracterizar os principais momentos de um diálogo construtivista em sala de aula, em ligando-os a categorias que sugerissem o encaminhamento da atividade adequada. Além disso, uma atividade pode assumir, de certo modo, todas as características quase que ao mesmo tempo ou ainda evoluir de uma categoria para outra. Em conformidade com as manifestações dos alunos durante o diálogo didático, o professor terá oportunidade de efetivar o encaminhamento que achar mais adequado.

O desejo de que uma Transposição Didática de orientação construtivista ocorra, certamente faz parte das nossas esperanças de futuro. No entanto, confiamos na possibilidade de realizar uma Transposição Didática pelo menos junto ao laboratório didático, por decorrência, incentivar o processo junto ao espaço escolar onde se dá a Transposição Didática do saber ensinado. Nesta transposição precisamos de um aliado ímpar: o professor. Ele é o principal personagem, pois lhe cabe dirigir os diferentes momentos didáticos, onde as exposições se transformam em diálogo e o seu interlocutor, o estudante, faz uso livre de suas idéias acerca dos fenômenos da natureza.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, I. *A Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. Ciência e Ensino*, GepCE-FE. Campinas, SP. (3) Dez. 10-15.1997.
- ARRUDA, S. M. & LABURU, C. E. *Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. Ciência e Educação* 3. UNOESC. São Paulo. 14-24. 1996
- 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 Pédagogiques De Boeck & Larcier S.A Bruxelles/Belgique. 1997.
- BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Rio de Janeiro, Ed. Cultrix, 1975.
- BORGES, A. T. *O papel do laboratório no ensino de ciências*. Atas do Ilo. ENPEC. Lindóia São Paulo. 1-11. Nov. 1997.
- CANTOR, G. *The rhetoric of experiment*. In GOODING, D., PINCH, T. & SCHAFFER, S. *The uses of experiment – Studies in the natural sciences*. Cambridge University Press. , 159-180.1993
- CHEVALLAR, Y. & JOHSUA, M-A., *Un exemple d'analyse de la transposition didactique – La notion de distance*. Recherches en Didactique des Mathématiques. 3-2, p. 157-239, 1982.
- CHEVALLARD, Y. *La Transposition Didactique- du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensee Sauvage Éditions. Grenoble. 1991.
- CLOSSET, J.L. *Lês obstacles à la apprentissage de l'électrocinétique*. In JOHSUA, S. & DUPIN, J-J. *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF, Paris, 171-178.1993.
- COLINVAUX, D. (org.) *Modelos e Educação em ciências*. Rio de janeiro. Ravil. 1998.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. P. *Física*. São Paulo. Cortez Editora. 1991.
- DI SESSA, A. Unlearning aristotelian physics: a study of knowledge-based learning. *Cognitive Science*, 6,37-75, 1982.
- DRIVER, R. *Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296, 1988.
- FOUREZ, G. *Alfabetisation scientifique et technique. Essai sur lês finalités de l'enseignement dès sciences*. Belgique: De Boeck Université,1994.
- FURIÓ, C., GUIASOLA, J. & ZUBIMENDI, J.L. *Prblemas históricos y dificultades de aprendizaje em la intyerpretación newtoniana de fenômenos electrostáticos considerados elementales. Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. RS. 3(3).165-188.1998.
- HODSON, D. *Philosophy of science, science and science education*. Studies in Science Education, New York, no. 12, p. 25-57, 1985.
- JOHSUA, S. & DUPIN, J-J. *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF, Paris, 1993.
- KNELLER, G. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro. Zahar; São Paulo, EDUSP, 1980.
- LARCHER, C. *La physique et la chimie, sciences de modèles. Du mond réel aux connaissances scientifiques, en passant par la modélisation*. In : *Didactique appliquée de la physique-chimie*. Éditions Nathan, Paris, 1996.
- LUNETTA, V. & HOFSTEIN, A. *Simulation and laboratory practical activity*. In WOOLNOUGH, B *Practical Science,- The role and reality of practical work in school science*. Open University Press, Celtic Court, Buckingham , 125-137. 1991.
- MILLAR, B. *A means to an end: the role of process in science education*. In WOOLNOUGH, B *Practical Science,- The role and reality of practical work in scholl science*. Open University Press, Celtic Court, Buckingham , 43-52 1991.
- MILLAR, B. *Towards a role for experiment in the science teaching laboratoring* *Studies in Science Education*, v 14, p 109-118, 1987.

- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem* São Paulo: EPU. 1999.
- ORQUIZA DE CARVALHO, L & VILLANI, A. *Aprendizagem dos princípios de conservação em entrevistas didáticas. Investigações em Ensino de Ciências.* Porto Alegre. RS. 1 (1). 76-94. 1996.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. *Psicogénesis e historia de la ciencia.* México. Sieclo Veintiuno. 1982.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In. PIETROCOLA, M. (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.* Florianópolis. Ed. UFSC. 2001.
- PIETROCOLA, M. & PINHEIRO, T.F *Modelos e Afetividade.* Florianópolis. VIII EPEF. Ata Eletrônica, 2000.
- PIETROCOLA-OLIVEIRA, M. A história e a epistemologia no ensino da física; aspectos individual e coletivo na construção do conhecimento científico, 1993.(mimeo)
- PIETROCOLA, M. *In search of a reality: models and modelling in science teaching.* In: International Congress History, Vth, Atas eletrônicas do Phylosophy and Science Teaching Conference, Como, Italia, setembro, 1999.
- PINHEIRO, T.F, PINHO ALVES, J & PIETROCOLOLA, M. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador no conhecimento científico. In. PIETROCOLA, M. (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.* Florianópolis. Ed. UFSC. 2001.
- PINHEIRO, T.F. A transposição dos modelos da Física para o ensino da Física. II Seminário de Pesquisa da Região Sul-ANPESUL. Ata Eletrônica. Curitiba. PR. 1999.
- PINHEIRO, T.F. Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1^ª série do 2^º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão. Dissertação de Mestrado. CED/UFSC. Florianópolis, SC. 1996.
- PINHO ALVES, J., PINHEIRO, T.F & PIETROCOLA, M. *Eletrostática como exemplo de Transposição didática.* In. PIETROCOLA, M. (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.* Florianópolis. Ed. UFSC. 2001.
- PINHO ALVES, J. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista.* Tese de Doutorado. CED/ UFSC. Florianópolis. 2000.
- PINHO ALVES, J., *Regras da Transposição Didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Catarinense de Ensino de Física.* UFSF. Florianópolis. V. 17. no. 2. Agosto. 2000. p. 174-188.
- SALTIEL, E. Kinematic concepts and natural reasoning: Study of comprehension of Galilean frames by science students. Doctoral Thesis, Department of Physics, University of Paris VII, France, 1978.
- TAMIR, P. *Practical work in school science: an analysis of current practice.* In WOOLNOUGH, B Practical Science.- The role and reality of practical work in scholl science. Open University Press, Celtic Court, Buckingham , 13-21. 1991.
- TAMIR. P, & LUNETTA, V.N. *Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks'.* *Science Education*, 65, 477-484. 1981
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Hermann, Paris. 153 p. 1979.
- VYGOSTKY, L.S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes. Paidós. 1988.
- WATTS, D. M. & ZYLBERSTAJN, A. A survey of some ideas about forces. *Physics Education*, 16, 360-365, 1981.
- WOOLNOUGH, B Pratical science a Holistic Activity In: Practical Science- The role and reality of practical work in school science. Open University Press, Celtic Court, Buckingham , 178-181 1991.

ZYLBERSZTJN, A Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniiana. Atas Eletrónica do VI EPEF. Florianópolis, SC. 1998.