

# UMA INTERPRETAÇÃO PARA DIFICULDADES ENFRENTADAS PELOS ESTUDANTES NUM LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA \*

## AN INTERPRETATION FOR DIFFICULTIES FACED BY THE STUDENTS IN A PHYSICS LABORATORY

Fábio Marineli<sup>1</sup>  
Jesuína Lopes de Almeida Pacca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo / Pós-Graduação em Ensino de Ciências, marineli@if.usp.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo / Instituto de Física, jesuina@if.usp.br

### Resumo

Utilizando uma abordagem da sociologia, apresentamos neste trabalho uma interpretação para dificuldades e erros apresentados por estudantes em atividades programadas num laboratório didático. O entendimento de conceitos típicos de uma aula de laboratório, como medida, incerteza, flutuação etc., é analisado a partir de material escrito por estudantes, seus exercícios e relatórios.

Consideramos que os erros e as dificuldades apresentados pelos estudantes no trabalho no laboratório devem-se a uma concepção de senso comum relativa à física e à realidade que ela representa. A ciência é definida dentro de uma esfera de realidade diferente daquela tomada cotidianamente, uma vez que a física estuda e modela a natureza e os conceitos de medida devem ser adaptados aos modos que são concebidos cientificamente.

**Palavras-chave:** Concepções sobre medida; Laboratório Didático; Ciência e Realidade.

### Abstract

By means of a sociological approach we present in this paper an interpretation for the difficulties and mistakes shown by students in programmed activities at a teaching laboratory. The understanding of concepts that are typical at a teaching laboratory class such as measurement, uncertainty, fluctuation etc., is analysed from the material written by students, their exercises and reports.

We consider that the errors and difficulties shown by students in their measurement work at a teaching laboratory come from a common sense conception regarding physics and the reality it represents. Science is defined within a reality sphere that is different from that of everyday experience, since physics studies and models nature and the measurement concepts must be adapted to models that have been conceived scientifically.

**Keywords:** Conceptions about measure, Didactic Laboratory, Science and Reality.

---

\* Apoio: FAPESP e CNPq.

## INTRODUÇÃO

O laboratório didático é considerado, hoje em dia, peça chave no aprendizado da Física. Mas não é de hoje que as atividades experimentais assumiram um caráter de importância no ensino de ciências. No entanto, os estudos dos diversos aspectos relacionados à experimentação ainda se mostram importantes, uma vez que algumas das dificuldades dos estudantes no laboratório didático, bem como os efeitos dessa atividade, permanecem ainda sem uma definição clara. Segundo Villani e Carvalho (1993: 75):

*Apesar de estarem convencidos da importância das atividades experimentais, os docentes que as utilizam abundantemente em sua prática didática tem consciência de que a experimentação está longe de constituir a panacéia para o ensino de física; a aprendizagem dos estudantes parece sujeita a limitações e ambigüidades, que tornam o problema digno de ser analisado mais cuidadosamente.*

Nesse sentido, apresentamos aqui uma interpretação para as dificuldades enfrentadas por estudantes em atividades no laboratório didático. Para tanto, fizemos um levantamento das representações dos estudantes relacionadas às medidas e aos cálculos de grandezas físicas, que são objeto do laboratório, e estabelecemos relações e conexões com elementos relacionados à representações de realidade, usando uma abordagem da sociologia. A possibilidade de propor explicações e interpretações para os resultados encontrados podem, a nosso ver, responder a algumas questões ligadas àquelas dificuldades com o conteúdo de física que envolve uma medição e a representação de uma grandeza.

O laboratório didático deve ter uma relação estreita com o que se entende por ciência e realidade. O laboratório é o local onde são estudados conteúdos experimentalmente. O acesso aos fenômenos, e aos conceitos envolvidos, se concretiza nas medidas das características físicas relevantes e de variáveis significativas já definidas por teorias e modelos bem estabelecidos. Além disso, no laboratório os estudantes podem ter a oportunidade de interagir mais intensamente entre si e com o professor, discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação, manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar previsões com resultados experimentais etc, e ora uns ora outros desses aspectos poderiam ser valorizados nas atividades.

Diferente das aulas teóricas de Física, no laboratório didático está presente o referencial empírico, aquilo que é real, organizado especificamente para a experimentação, de forma a permitir o estudo dos fenômenos (SÉRÉ *et al*, 2003). Assim, no laboratório se trabalha, de alguma forma, uma relação entre conteúdos teóricos e o referencial empírico. Essa relação, ou melhor, a adequação entre essas esferas, segundo Cudmani e Sandoval (1991), se dá através da análise dos erros experimentais, que permite, inclusive, quantificar essa adequação. Para essas autoras, “os hiatos entre os fatos e as conceituações científicas reconhecem na análise dos erros experimentais um critério importante de verdade factual, um critério que permite quantificar a adequação à realidade dos conceitos, modelos e hipóteses científicas”. No entanto, consideramos que a expressão “realidade” que aparece aí tem sentido de “referencial empírico”, tal como o entendido por Séré. Preferimos esse último porque, no presente trabalho, utilizaremos o termo “realidade” em outro sentido.

As dificuldades dos estudantes no trabalho com a análise dos erros experimentais, nesse campo de adequação entre duas esferas distintas, podem estar relacionadas, além dos problemas intrínsecos da própria análise de erros – conteúdo geralmente novo para os estudantes e de difícil compreensão –, ao entendimento da relação entre teoria e referencial empírico, que não se resume somente a erros experimentais, apesar de ter nesses mais um fator relevante, principalmente num contexto de laboratório didático.

E dentro dessa relação cabe pensarmos em como a ciência define uma realidade e também nos diferentes sentidos dados a esse termo. Será que podemos considerá-lo livre de problemas? Qual a relação entre o conhecimento da Física e a realidade? Qual a relação entre o que se mede no laboratório e a realidade concebida pelos sujeitos?

## CIÊNCIA E REALIDADE

Podemos, inicialmente, considerar a ciência como uma forma de conceber o mundo diferente da perspectiva tomada cotidianamente. O que reforça essa idéia é que se a mesma fosse mera extensão do cotidiano, se não houvesse ruptura em algum sentido, não haveria, por exemplo, aquilo que chamamos “Concepções Alternativas” (SARAIVA, 1986).

Como exemplo dessa perspectiva diferente, na concepção científica a matéria passa a ser vista como composta, principalmente, por espaço vazio; ou mesmo a Terra, normalmente vista como o chão em relação ao qual nos movimentamos, passa a ser considerada como ativa e em constante movimento (MARTINS *et al*, 1999). E, dessa forma, a própria “realidade” passa a ser vista numa outra perspectiva. À medida que tomamos campos diversos do conhecimento, o termo *realidade* passa a ter diferentes significações.

No entanto, o mundo cotidiano é geralmente tratado pelas pessoas como sendo “a Realidade”, concebida como única, imutável e permanente (PIETROCOLA, 2001). Mas tratar a realidade cotidiana como “a Realidade” ocorre quando não nos damos conta que na nossa compreensão há um componente construído, a realidade não é dada diretamente. As coisas passam a fazer parte da realidade quando são interpretadas e conceituadas; se a realidade é aquilo que existe, ela é dependente da consciência de que algo existe e este algo é definido pela linguagem do ser consciente. Como exemplo disso, Pinheiro (2003) cita os exemplos dos últimos planetas descobertos em nosso Sistema Solar, que antes da descoberta dos mesmos não “existiam” para as pessoas, pois elas não tinham consciência dos mesmos.

Isso não significa que esses planetas não existiam de fato, mas sim que para os seres humanos – pois até então eram desconhecidos – passaram a existir após sua descoberta.

Outro exemplo de algo que só faz parte da realidade porque esta é interpretada e conceituada é uma régua. Mesmo sendo um objeto concreto, que manipulamos e acessamos através de nossos sentidos, quando pensamos numa régua, podemos pensar num objeto específico, numa régua específica. No entanto, a régua, enquanto conceito, faz parte da realidade após ser interpretada e conceituada.

*Esta palavra não designa um único objeto, mas sim uma classe de objetos. Ela pode representar objetos de madeira, de metal, de plástico, que podem ser grandes ou pequenos, retilíneos ou curvos, como os utilizados por costureiras e alfaiates. A relevância da noção de classe nesta discussão é que ela envolve a percepção de semelhanças, sejam elas de forma, de uso ou outras, entre as várias régua. Ou seja, existe uma idéia ou um conjunto de idéias por trás da palavra. Régua é um conceito. [...] Todas as régua que conhecemos são objetos compostos por subsistemas, sejam eles moléculas, átomos ou mesmo pedaços maiores. Se quebrarmos uma régua ao meio, cada pedaço ainda constitui uma régua? O que muda se quebrarmos cada metade novamente ao meio? Tudo isso mostra que existem abstrações importantes escondidas no substantivo régua (ROBILOTTA, s.d.)*

Por tudo isso, percebemos que até os objetos mais corriqueiros, que manipulamos no dia-a-dia, possuem um componente de construção, que não é inerente a ele, e que o define dentro de um contexto específico.

Considerações sociológicas elaboradas por Berger e Luckman (1983) a respeito da realidade, declaram que essa é construída socialmente. Nesse contexto, defendem que uma possível definição para a mesma e para a palavra conhecimento podem ser, respectivamente,

“qualidade pertencente a fenômenos que reconhecemos terem um ser independente de nossa própria volição” e “certeza de que os fenômenos são reais e possuem características específicas”.

Essas definições possuem íntima relação entre si e arriscamos dizer que a maioria das pessoas, no senso comum, as consideraria boas definições, mesmo não fazendo nenhuma referência a uma dimensão ontológica.

Para esses autores, há um interesse sociológico nesses termos devido ao fato de sua relatividade social. Como exemplo disso, podemos pensar que o que é “real” para um monge tibetano pode não ser “real” para um homem de negócios ocidental. E para o Conhecimento temos a mesma coisa. Esse exemplo reforça o que já foi dito, que esses termos – realidade e conhecimento – são definidos de acordo com contextos sociais específicos.

Mas até dentro de um mesmo contexto social podemos ter diferentes formulações do que seja realidade. As formulações teóricas da mesma – quer sejam científicas, filosóficas, mitológicas etc – podem definir a realidade em diferentes termos. E não esgotam o que é “real” para os membros de uma sociedade. As próprias concepções de senso comum, as adquiridas na experiência cotidiana, representam, também, uma definição específica de realidade, interpretada pelos homens e subjetivamente dotada de sentido na medida em que forma um mundo coerente.

A coerência nos elementos presentes na vida cotidiana é um importante fator de definição de sua realidade. Caso não seja possível encontrar essa coerência em algum elemento, poderiam surgir dúvidas sobre o quanto ele seria real.

Como já escrevemos anteriormente, entre as múltiplas realidades possíveis a da vida cotidiana se apresenta, justamente, como “a Realidade” por excelência. Os fenômenos dessa esfera de realidade acham-se dispostas em padrões que parecem independentes da apreensão que temos deles. E são fenômenos que estão muito próximos, tanto no aqui como no agora, o que faz, muitas vezes, que sejam impossíveis de serem ignorados. Há também fenômenos não tão próximos espacial e temporalmente, o que faz com que a vida cotidiana seja experimentada em diferentes graus de aproximação e distância no espaço e no tempo. Algo que fiz ontem, ou sei que está em outra cidade, não se torna menos real para mim. Mas aos acontecimentos do aqui e o agora tenho acesso direto. O que os torna “mais reais” para mim, pois a existência deles se mostra evidente.

Esse mundo não somente é tomado como realidade certa pelos membros de uma sociedade, mas, mais que isso, se origina do pensamento e da ação deles. Ou seja, ele não é formado por construções teóricas altamente elaboradas, mas é criado e reafirmado dia-a-dia por todos. E a palavra “todos” entra com o sentido de que a realidade da vida cotidiana é intersubjetiva, tão real para mim quanto para os outros. E por ser partilhada, ela é mais facilmente admitida como “a” realidade. Assim, podemos pensar que as concepções advindas daí são altamente “enraizadas”.

Dentro dessa perspectiva, esses autores afirmam que as demais “realidades” são consideradas como campos finitos de significação dentro da realidade dominante, com significados e modos de experiência delimitados, e depois de passar por eles, a consciência sempre volta à realidade dominante como se voltasse de uma excursão.

Esses campos finitos de significação caracterizam-se por desviar a consciência da realidade cotidiana. “Embora haja [...] deslocamentos de atenção *dentro* da vida cotidiana, o deslocamento para um campo finito de significação é muito mais radical”. Como exemplo disso, as experiências estéticas e religiosas são ricas em produzir transições dessa espécie. O sonho pode ser tomado como outro exemplo.

A ciência pode ser considerada, também, como pertencente a uma esfera de realidade diferente da cotidiana. Apesar da mesma buscar uma visão única, coerente, que abarque tudo, essa busca não impede que ela acabe sendo mais uma ilha de coerência dentro da realidade cotidiana. Ou seja, disso tudo podemos pensar que nossa visão de mundo não é única. Existem

campos finitos, ilhas de coerência, dentro daquilo que consideramos a realidade do dia-a-dia. E esses nem sempre possuem coerência entre si.

Isso tudo gera um problema, o da interpretação da coexistência dessas realidades entre si e com a realidade cotidiana. E esse problema pode ser considerado mais de natureza ontológica. A questão que permanece é: como pode ser possível a existência de “múltiplas realidades”?

O conhecimento científico é uma construção social, como as outras formas de construção de conhecimentos, mas uma forma aperfeiçoada ao longo dos últimos séculos, que gera uma forma coerente de conceber parte do mundo. E isso revela uma realidade diferente daquela do cotidiano, resultado de um processo de interpretação do mundo baseado em técnicas e métodos diferentes daqueles empregados no dia-a-dia. Não se trata, pois, quando se fala em *realidade*, de tratar sobre a realidade em si, como dimensão ontológica do mundo, mas sobre as atribuições possíveis de serem feitas sobre essa realidade (PIETROCOLA, 2001).

Acreditamos que aqui está mais claro o que foi dito, que as coisas passam a existir, passam a fazer parte da realidade, quando são interpretadas e conceituadas. Isso não significa que um fenômeno não aconteça mesmo, que seja somente fruto de interpretação, mas sim que eu posso ter diferentes níveis de acesso a um mesmo fenômeno ou a uma entidade.

No caso da ciência, os fenômenos tratados por ela também estão presentes no cotidiano e esses estão intimamente relacionados. Fenômenos naturais, presentes no dia-a-dia, como, por exemplo, raios durante uma tempestade, a própria tempestade, o Sol, as estrelas, as ondas do mar, são objetos de conhecimento da ciência. No entanto, esses mesmos fenômenos podem se inserir em “diferentes realidades” ou, ainda, com outras formas de interpretação da realidade.

Disso tudo temos que a ciência gera uma forma diferenciada de conceber o mundo, num certo nível de realidade. E esse nível não é o mesmo da realidade concebida no senso comum.

## A PESQUISA NO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Com a preocupação em compreender o comportamento dos estudantes frente aos trabalhos no laboratório de física, fizemos um levantamento das dificuldades com o tratamento e a interpretação dos dados obtidos num experimento programado. Para tanto, fizemos uma análise de material escrito por estudantes, seus exercícios e relatórios, de duas turmas do ano de 2001 de uma disciplina de laboratório do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. A disciplina Laboratório de Mecânica faz parte da grade curricular do curso de Licenciatura em Física da USP.

Todas as experiências foram realizadas em equipe, na maioria das vezes com três estudantes, que podiam ser reagrupados a cada aula. No início das aulas o professor fazia uma exposição de alguns conceitos que seriam necessários, às vezes acompanhados de exercícios, e também dava instruções sobre a experiência que seria realizada. Só então as equipes se reuniam e iniciavam a experiência.

No decorrer da disciplina foram utilizados aparelhos de medição como réguas, trenas, paquímetros e micrômetros, faiscadores (que permitem o registro da posição de um corpo em instantes determinados), sensores de posição acoplados a microcomputadores (que permitem registrar em determinados intervalos de tempo duas posições conhecidas), além de equipamentos como trilhos de ar (que permitem simular situações sem atrito).

Para a obtenção dos resultados, a partir das informações coletadas nos registros escritos dos alunos foram elaboradas categorias descritivas que delimitaram a problemática focalizada: as medidas as incertezas a elas atribuídas e os conceitos relacionados.

Os resultados preliminares obtidos já estão publicados (MARINELI *et al* 2003). Neste artigo, sintetizamos as questões e os conflitos presentes nas concepções dos alunos em três grupos: 1º) com respeito à falta de critério para identificar o que era significativo nos dados; 2º)

com respeito à vinculação entre o instrumento de medida e o operador (sujeito que mede); e 3º com respeito à dificuldade de estabelecer vinculação entre os instrumentos de medida e o operador com o objeto medido.

Neste trabalho levantamos a hipótese que pesquisamos agora: para compreender as dificuldades encontradas precisamos relacioná-las aos modos de pensar que dão conta de uma visão de mundo e de ciência. A visão de senso comum a respeito da realidade e da ciência que a descreve passa a ter conseqüências consideráveis para a aprendizagem da Física. Que os erros e as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no trabalho no laboratório não são simplesmente falta de habilidades para lidar com os instrumentos e com as teorias estatísticas utilizadas nos cálculos, elas são mais fundamentais, devendo-se à concepção da física como uma ciência que estuda e modela a natureza.

Nesse sentido, propomos aqui avançar nessas questões, retomando o conteúdo dos registros dos alunos e analisando-o qualitativamente no que eles possam representar de concepção de realidade e da ciência que descreve os fenômenos reais. Assim, as informações foram interpretadas como modos de operar com os conceitos e suas formalizações (PACCA e VILLANI, 1990) e também como a compreensão que os alunos têm desses conteúdos.

## A ANÁLISE DOS DADOS

Destacaremos aqui os dados obtidos e discutiremos uma possível interpretação de acordo com o que propomos. No material escrito localizamos algumas frases, retiradas de exercícios e relatórios de diferentes alunos no decorrer de toda a disciplina.

Para essa interpretação, nos apoiamos em outras referências que possuem proximidade com a questão que pesquisamos. Séré *et al* (1993) concluem que os estudantes não entendem a necessidade de fazer várias medidas e de calcular as incertezas; não distinguem erros sistemáticos e aleatórios; não compreendem e não conseguem explicar porque o resultado de muitas medidas pode ser melhor, mesmo concordando que deve ser.

Alguns desses pontos também foram encontrados por nós e serão exemplificados a seguir.

Inicialmente, um ponto que nos chamou a atenção foi a dificuldade dos alunos em conceber que os resultados das medidas flutuam. Por exemplo, quando foi pedido para se fazer um comentário em relação à diferença obtida, num determinado experimento, entre o desvio padrão das medidas e a incerteza estimada (para uma medida), um aluno se expressou da seguinte forma:

“Há grande diferença entre a incerteza estimada (1 cm) e o desvio padrão calculado (2,30 cm), basicamente devido à imprecisão do chute inicial [*incerteza estimada*]. Não temos, ainda, uma idéia de grandeza da incerteza, falta-nos experiência.”

Aqui parece que o aluno não diferencia uma medida de um conjunto de medidas. Na concepção dele, apenas conhecendo o instrumento é possível se conhecer a “dispersão” desse conjunto, não estando claro o conceito de flutuação como algo inerente a um conjunto de medidas. Além disso, atribui ao sujeito a responsabilidade pela qualidade da medida.

Um outro exemplo: num experimento os alunos deveriam obter experimentalmente o período de oscilação de um pêndulo físico, comparando-se os resultados obtidos através de dois métodos de medida: um utilizando um microcomputador controlado por um contato elétrico e outro utilizando um cronômetro manual; após isso deveriam comparar os valores obtidos através dos dois métodos com a previsão teórica:

“O valor experimental mais provável do período foi medido com o cronômetro e vale  $1025 \pm 6$  ms. O valor concorda com a previsão teórica dentro das incertezas experimentais. O método usado não é adequado para medir pequenos intervalos de tempo, visto que mostrou uma alta flutuação dos valores experimentais.”

Nesse caso, os alunos apresentaram como valor mais provável um resultado que veio de um método que qualificaram como inadequado devido às flutuações dos valores, como se a “flutuação” fosse algo negativo que invalidaria, inclusive, o método utilizado. Como se as flutuações, gerando resultados incertos, não devessem acontecer.

Ligado a isso, entendemos que está uma outra dificuldade apresentada, que é a de compreender a necessidade da incerteza, conceito relacionado ao de flutuação. Essa dificuldade se manteve presente durante todo o transcorrer da disciplina, o que foi observado pelo grande número de vezes em que valores das medições foram apresentados sem indicação de incertezas. Além disso, está presente também em alguns casos onde se interpretavam resultados sem as incertezas serem levadas em conta.

Uma decorrência dessa dificuldade ligada à incerteza está na frase seguinte, onde após analisar um gráfico de energia em função do quadrado da massa, um grupo escreveu:

“Os coeficientes lineares representam o valor da respectiva energia quando a variável massa x massa é nula (ou seja, quando a massa é nula), assim, temos (para massa = 0): energia potencial gravitacional = 0,0033, energia potencial elástica = 0,1864 e energia total ( $U_t = U_g + 2.U_m$ ) = 0,03758.”

Nessa frase vemos uma série de coisas. Primeiro que, para esses alunos, existe energia potencial (que era o assunto do experimento) mesmo com a massa nula. Em todo o relatório não foi utilizada e nem feita nenhuma menção a incertezas e acreditamos que essa consideração da haver energia mesmo sem massa venha daí, pois fazendo as contas, utilizando somente os valores absolutos das medidas, chegou-se a isso. Há a falta do conceito de incerteza para saber que mesmo que apareça um valor, ele não é absoluto, como foi tratado acima. No gráfico analisado por eles no experimento, foi traçada uma reta, mas não foi atribuído significado físico a ela, talvez, justamente, por faltarem as incertezas como critério de adequação entre o empírico (os dados) e o modelo teórico (na ausência de massa haveria ausência de energia potencial).

Além disso, houve um erro na apresentação dos dados, pois a soma dos valores apresentados na frase, utilizando a expressão “ $U_t = U_g + 2U_m$ ”<sup>1</sup>, não dá o valor indicado.

Outro exemplo:

“E podemos ver que elas [*as velocidades do objeto medido obtidas experimentalmente e teoricamente*] são bem parecidas no início do movimento e que no final cometemos alguns erros, pois temos uma imprecisão na medida da distância e como os valores não são inteiros podemos ir carregando esses erros cada vez mais, esse método foi pouco eficaz contendo alguns erros.”

Esse grupo não calculou incertezas, não podendo, por isso, fazer comparações entre os resultados obtidos e a previsão teórica como fizeram. Parece que, para eles, não são as incertezas que trariam informações para esse tipo de consideração, mas algo que tratam por imprecisão e que são erros do experimentador.

Parece que a falta das incertezas, bem como a idéia das flutuações como algo negativo, pode estar ocorrendo devido a uma concepção de que é possível se ter acesso a um “valor verdadeiro” da grandeza mensurada; isto é, não está clara a idéia de que qualquer medição é

<sup>1</sup> Onde:  $U_t$  - energia potencial total;  $U_g$  - energia potencial gravitacional;  $U_m$  - energia potencial da mola.

apenas uma estimativa do valor de qualquer grandeza física, talvez com a mesma idéia de acesso que temos com os objetos que lidamos no dia-a-dia.

Uma outra concepção encontrada é a de que quanto mais intervenção do experimentador houver, pior será o resultado obtido. “Falhas humanas” são sempre invocadas quando o valor experimental obtido e a previsão teórica não concordam. Isso pode ser observado, inclusive, na frase anterior, na expressão “cometemos alguns erros”, indicando a influência do sujeito que mede.

Essas falhas humanas aparecem mais explicitamente na seguinte frase, que é uma explicação para os valores obtidos com medidas com o computador e medidas manuais para um mesmo fenômeno não estarem de acordo<sup>2</sup>.

“O valor obtido com o microcomputador é bastante preciso, o que não ocorre com os valores obtidos com o cronômetro manual. Acredito que essa diferença se deu principalmente devido a quantidade de períodos (três) que utilizamos para obter o valor  $t_c$  [*período obtido com o microcomputador*], além do fato de que o cronômetro era disparado manualmente o que inclui um erro devido à ‘falhas humanas’.”

Aqui é citado que foram utilizados três períodos consecutivos para se fazer a medição. Isso foi feito nesse experimento porque um único período era muito pequeno para ser medido manualmente. Dessa forma, o experimento foi feito medindo-se o tempo de três períodos consecutivos pra diminuir a incerteza relativa das medições.

Uma outra frase, relativa ao mesmo experimento, diz:

“A partir dos resultados obtidos, podemos verificar que a cronometragem manual, se aproxima da previsão teórica, enquanto os resultados do computador se afastam do valor teórico. Quando da realização do experimento, esperávamos encontrar valores mais perto do teórico com a utilização do computador, por considerá-lo um equipamento mais preciso, devido à menor interferência do homem, já que com o cronômetro são necessários os sentidos (visão e o reflexo) que poderiam aumentar a margem de erro, [*mas*] não foi o que aconteceu.”

Na frase acima fica explícita a questão da “interferência do homem”, mas o experimento foi capaz de mostrar a esses alunos que, mesmo assim, o valor obtido “manualmente” não aumentou a “margem de erro”. Nessa idéia percebemos uma confusão entre um erro aleatório e um erro sistemático. Nela se concebe que a intervenção humana causaria erro sistemático e não aleatório. No caso desse experimento em especial, o erro é aleatório, porque é a diferença entre os tempos de reação que de fato ocorreram durante o acionamento do cronômetro no início e no final da cronometragem geram flutuações nos dados e em média se compensam (hora positivo, hora negativo). Portanto são erros aleatórios e não sistemáticos.

Essa questão das “falhas humanas” está relacionada uma outra que é a capacidade dos medidores. E sobre isso temos o seguinte exemplo, que diz respeito à diferença entre o desvio padrão obtido e a incerteza estimada para uma medida:

“Os desvios padrão calculados na tabela, não são iguais à incerteza estimada (0,5 cm), devido as incertezas envolvidas (erros) não estarem ligadas ao fato de observar uma medida, mas sim, dependem da habilidade de cada aluno. Se os

<sup>2</sup> Esse experimento é o mesmo já citado acima, em que os alunos deveriam obter experimentalmente o período de oscilação de um pêndulo físico, medindo-se através de um computador e através de um cronômetro manual.

desvios padrão fossem iguais à metade da divisão da régua (no caso 0,5 cm), o aluno seria considerado um perito em medições.”

Esse fator marcante da capacidade dos medidores, falhas humanas etc., que apareceu em nossos dados, liga-se a outro que é o da utilização da teoria para validar os resultados experimentais, ou seja, considerar como resultados certos, somente aqueles que estão de acordo com o modelo teórico.

Um exemplo encontra-se na seguinte frase:

“Este método mostrou-se adequado para a descrição do regime transitório de um movimento com atrito viscoso. No entanto há uma propagação muito grande das incertezas. Apesar de obter uma função apta a descrever o movimento, seria precipitado concluir que a teoria foi comprovada neste caso, pois, como mostra o gráfico 4, o logaritmo da aceleração apresenta uma curva pouco homogênea, levantando dúvidas a respeito dos dados obtidos.”

Aqui se mostra o caso em que a teoria é utilizada para validar o resultado experimental, mas com a ressalva da alta incerteza não permitir se comprovar a teoria. Mais uma vez, não é concebida a inerência da incerteza à medida. É dito que a função obtida é apta a descrever o movimento; na verdade, a função descreve o movimento e não que seja apta a descrevê-lo. O resultado obtido está sendo tratado como **menos válido** que uma previsão teórica do mesmo. E até dúvidas em relação aos dados estão sendo levantadas.

Essa idéia do modelo teórico ser utilizado para validar resultados experimentais liga-se a outra que é a concepção de que **uma teoria científica tem como referencial o acesso direto ao mundo**. Falamos anteriormente sobre a idéia de que uma medição fornece um “valor verdadeiro”. Associando-se a isso a concepção de que o conhecimento científico vem totalmente dos dados experimentais, chega-se à idéia de que esse conhecimento, suas teorias e modelos, são um retrato direto do mundo.

Dessa forma é comum os alunos identificarem a teoria ou o modelo com o fenômeno em si, considerando que esse é totalmente apreendido por aqueles. E quanto melhor for a aproximação dos resultados obtidos com as previsões teóricas mais bem sucedido é o experimento que realizaram. Esta crença é tão forte que, mesmo diante da discordância do resultado com a previsão teórica, eles preferiam atribuir a si próprios a causa de algum erro ou diferença (as “falhas humanas” citadas acima). É claro que uma não concordância pode ser causada pelo experimentador, mas o que se quer dizer é que um modelo, que é uma simplificação, não descreve um fenômeno em toda sua realidade. Certamente, na maioria das vezes, não era isso que estava sendo cogitado pelos alunos.

Há uma aparente ambigüidade em nossas afirmações, pois dissemos que os alunos consideram que as teorias têm como referencial direto o mundo, e que as discordâncias obtidas em medições são atribuídas à falhas do experimentador. Ao mesmo tempo, dissemos que concebem a possibilidade de se ter acesso a um “valor verdadeiro” da grandeza mensurada através da medição. No entanto, as falhas que atribuem ao experimentador são atribuídas a eles próprios, e não a outros “profissionais” (cientistas, no caso) que são capazes sim de acessar os fenômenos e, com eles, construir conhecimentos totalmente verdadeiros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos esse trabalho fazendo uma discussão mais ampla em relação à ciência usando referenciais da sociologia, pois consideramos que esses podem trazer respostas a algumas das questões levantadas por nós.

Da análise dos dados, percebemos algumas dificuldades enfrentadas pelos alunos, e consideramos que estão relacionadas, entre outras coisas, à concepção que possuem dos processos de medição, mas que estão especialmente relacionadas a uma concepção de ciência e do acesso dessa a uma realidade. Assim, consideramos que dificuldades **em conceber que medidas flutuam, em compreender a necessidade e o significado da incerteza de uma medida, em entender a relação entre teoria e dados experimentais** etc., ligam-se, entre outras coisas, ao não entendimento dos critérios de definição de realidade utilizados pela ciência e como ela constrói seus conhecimentos. Que a ciência **define uma esfera de realidade diferente daquela que tomamos cotidianamente, com critérios também diferentes**.

Esses resultados apresentados nos motivam a avançar mais com esse trabalho, trazendo outros elementos para aprofundar o entendimento dessas questões. Com a discussão do que expusemos, consideramos que já temos elementos significativos para interpretarmos erros e dificuldades dos alunos em atividades de laboratório.

Os alunos possuem os critérios de determinação de realidade adquiridos socialmente. Como as demais pessoas, tratam a realidade cotidiana como algo independente de sua ação, e que existe em si mesma. Nesse trabalho tratamos do aspecto construído da realidade, mas aqui cabe uma distinção entre a ação de um indivíduo, que já chega a um mundo formado, e a totalidade dos homens, que em conjunto e ao longo dos anos teve um papel ativo na construção das “coisas”. Assim, para um indivíduo a régua é uma realidade dada, mas para a humanidade é um conceito construído; para o indivíduo perceber o componente construído da régua, há a necessidade de reflexão.

Com os objetos da ciência temos a mesma coisa, são geralmente tomados (e ensinados) como uma realidade dada, utilizando os mesmo critérios utilizados cotidianamente, o que acaba gerando dificuldades, como as que temos com os alunos no laboratório, quando são necessários outros critérios para se entender os processos envolvidos.

Por tudo isso, consideramos que os erros e as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no trabalho no laboratório devem-se a uma concepção de senso comum relativa à física como uma ciência que estuda e modela a natureza. E isso pode ser mais forte do que as dificuldades com o formalismo estatístico para tratamento de dados, o que é comumente reforçado e valorizado no laboratório didático.

## REFERÊNCIAS

BERGER, P. e LUCKMANN, T. **A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 1983.

CUDMANI, L.C. e SANDOVAL, J.S. Modelo Físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa; implicações para a aprendizagem. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.8 (3), 193-204, 1991.

MARINELI, F.; OLIVEIRA, M.C.; GUIMARÃES-FILHO, Z.O. e PACCA, J.L.A. Uma interpretação para os erros nas representações das medidas realizadas no laboratório didático. In: Garcia, N.M.D. (org.). **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 1905 a 1920. 1 CD-ROM.

MARTINS, I.; OGBORN, J. e GUNTHER, K. Explicando uma explicação. **Ensaio**, vol. 1, nº1, 29-46, 1999.

PACCA J.L.A. e VILLANI, A. Categorias de Análise nas Pesquisas sobre Conceitos Alternativos. **Revista de Ensino de Física**, v.12, 123-138, 1990.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. Cap. 1, p. 9-32. In: \_\_\_\_ (Org.) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINHEIRO, T.F. **Sentimento de realidade, afetividade e cognição no ensino de ciências**. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROBILOTTA, M.R. **Apostila do curso Construção & Realidade no Ensino de Física**. IFUSP. s.d.

SARAIVA, J.A.F. **A Teoria de Piaget como sistema de referência para a compreensão da “Física Intuitiva”**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: Modalidade Física). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

SÉRÉ, M.G.; JOURNEAUX, R. e LARCHER, C. Learning the Statistical analysis of measurement errors. **Int. J. Sci. Educ.** v.15, nº4, 424-438, 1993.

SÉRÉ, M.G.; COELHO, S.M. e NUNES, A.D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20(1), p.30-42, abr.2003.

VILLANI, A. e CARVALHO, L.O. Representações mentais e experimentos qualitativos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 15, nºs (1 a 4), 1993.