

## **Dificuldades de estudantes em um laboratório didático: uma interpretação baseada em conceituações sobre a realidade\***

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

fabiomarineli@ufg.br, jepacca@if.usp.br

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. Rod. BR 364, Km 195, n.3800, Jataí, Goiás, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física. Rua do Matão, Travessa R, n.187, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil.

### **Resumo**

Neste trabalho apresentamos uma interpretação para dificuldades enfrentadas por estudantes quando realizam atividades em um laboratório didático de Física. O entendimento de conceitos típicos de uma aula de laboratório, como medida, incerteza, flutuação etc., é extraído dos relatórios de experimentos realizados por eles. A análise do conteúdo dos textos levou a uma categorização de ideias que representam a compreensão dos sujeitos sobre conteúdos tratados no laboratório. Para a interpretação desses resultados tomamos como referência as ideias de autores que fazem descrições fenomenológicas da realidade da vida cotidiana e de outros campos; entre outras coisas, esses autores afirmam que a realidade do dia a dia é distinta da realidade das teorizações científicas. A partir dessa visão, consideramos que as dificuldades manifestadas pelos estudantes com as atividades experimentais teriam um forte componente dessa concepção da realidade do cotidiano, que é transposta para o campo científico.

**Palavras chave:** Concepções sobre medida; laboratório didático; ciência e realidade.

## **Dificultades de estudiantes en un laboratorio didáctico: una interpretación basada en conceptualizaciones sobre la realidad**

### **Resumen**

Presentamos en este trabajo una interpretación de las dificultades que enfrentan los estudiantes cuando realizan actividades en un laboratorio didáctico de física. La comprensión de los conceptos típicos de un laboratorio tales como la medición, la incertidumbre, fluctuaciones, etc., se extrae a partir de los informes de experimentos realizados por ellos. El análisis del contenido de los textos llevó a una categorización de las ideas que representan la comprensión de los sujetos sobre los contenidos que se han tratado en el laboratorio. Para la interpretación de estos resultados partimos de las ideas de autores que hacen descripciones fenomenológicas de la realidad de la vida cotidiana y de otros campos; entre otras cosas, estos autores sostienen que la realidad del día a día es diferente de la realidad de las teorizaciones científicas. Desde este punto de vista, consideramos que las dificultades expresadas por los estudiantes con actividades experimentales tendrían un fuerte componente de esta concepción de la realidad de lo cotidiano, que se há transpuesto para el campo científico.

**Palabras clave:** Concepciones de medida; laboratorio didáctico, ciencia y realidad.

\* Com apoio da FAPESP.

# Students' difficulties in a didactic laboratory: an interpretation based on conceptualizations about the reality

## Abstract

We present in this paper an interpretation of the difficulties that are met by students acting in a Physics didactic laboratory. The understanding of typical laboratory class concepts such as measurement, uncertainty, fluctuation etc., is extracted from reports of experiments made by them. The text content analysis led to a classification of ideas that represent the subjects' understanding about the content that was dealt with at the laboratory. We have referred to the ideas of authors that phenomenologically describe the everyday life reality and the reality of other fields, to interpret these results. Among other things, these authors say that everyday life reality is different from scientific theorizing reality. From this point of view, we consider that the difficulties expressed by students about experimental activities could have a strong component of this everyday life reality, which is transposed to the scientific field.

**Keywords:** Measurement conceptions; didactic laboratory; science and reality.

## Difficultés des étudiants dans un laboratoire didactique : une interprétation basée sur conceptualisations concernant la réalité

### Résumé

Nous présentons une interprétation des difficultés rencontrées par les étudiants quand ils effectuent des activités dans un laboratoire d'enseignement de physique. La compréhension des concepts typiques d'une classe en laboratoire comme la mesure, l'incertitude, les fluctuations etc., est extrait des rapports des expériences réalisées par eux. Une analyse des teneurs des textes a conduit à une catégorisation des idées que représentent la compréhension des sujets traités sur le contenu dans le laboratoire. Pour l'interprétation de ces résultats, nous avons évoqué des idées des auteurs qui décrire dans une perspective phénoménologique la réalité de la vie quotidienne et d'autres domaines ; d'entre autres choses, ces auteurs soutiennent que la réalité quotidienne est distincte de la réalité des théorisations scientifiques. De ce point de vue, nous considérons que les difficultés rencontrées par les élèves dans les activités expérimentelles auront eu une forte composante de cette conception de la réalité de la vie quotidienne, qui est transposée dans le domaine scientifique.

**Mots clés :** Concepts sur la mesure ; laboratoire didactique ; la science et la réalité.

## 1. INTRODUÇÃO

Em um curso superior de Física, atividades experimentais fazem parte das disciplinas de sua matriz curricular e na maioria das vezes existem disciplinas específicas para a realização dessas atividades. A importância das atividades experimentais de caráter didático pode ser justificada pelo papel de destaque que a experimentação possui na Física e ao realizarem experimentos os estudantes poderiam desenvolver importantes habilidades, tanto cognitivas quanto práticas, relacionadas aos procedimentos que sustentam a investigação científica. Além disso, por meio da realização desses experimentos didáticos é possível adquirir conhecimentos conceituais da Física e também conhecimentos de natureza epistemológica relacionados ao suporte empírico dos conceitos científicos.

De um modo geral, o laboratório didático, como local onde os estudantes aprendem a trabalhar com procedimentos experimentais e com medidas, é considerado peça chave no aprendizado da Física. Medeiros e Mello (1996, p.645) afirmam que “quando tomamos como referência a literatura especializada, ou mesmo o discurso dos professores [...], podemos facilmente inferir que a utilização do laboratório didático é considerada, já há bastante tempo, um paradigma no ensino de Física”. Nessa mesma linha, em uma pesquisa em que entrevistou professores de ensino médio e

universitário, Schmidt (1996) coloca que esses são unânimes em afirmar que o laboratório é importante e fundamental no ensino de Física.

Apesar da razoavelmente ampla utilização das atividades experimentais no ensino de Física, não existem muitas pesquisas centradas no processo de aprendizagem dos estudantes em um laboratório (Barolli, Laburú e Guridi, 2010); pouco se tem trabalhado sobre os resultados dessa aprendizagem e, mais especificamente, sobre as dificuldades que emergem quando se focaliza a aprendizagem dos conceitos essenciais presentes em um trabalho experimental e a apresentação de resultados de medidas de grandezas físicas. O que os estudantes aprendem de fato por meio dessas atividades?

Dentre os trabalhos existentes que tratam dessa questão, alguns levantam dificuldades dos estudantes com conceitos e procedimentos típicos de uma aula de laboratório. Por exemplo, Séré, Journeaux e Larcher (1993) verificaram dificuldades de estudantes universitários na utilização da estatística para o tratamento de dados experimentais ou com a importância/necessidade de se realizar mais de uma medida de uma mesma grandeza. Medeiros (1995), em uma pesquisa com estudantes de engenharia, apresenta as dificuldades dos alunos no entendimento do que é um algarismo significativo na representação de uma medida ou

do significado da incerteza associada a essa medida. Lubben e Millar (1996), em uma pesquisa com adolescentes, verificaram que muitos estudantes realizam observações ou fazem medições sem ter consciência de que a incerteza está sempre associada ao processo de medição.

Buffler et al (2001) organizaram as representações errôneas dos estudantes no que eles denominaram de Paradigma Pontual, caracterizado, entre outras coisas, pela percepção de que uma medida leva a um valor único, ao invés de levar a um intervalo de possíveis valores. Isso poderia, em uma posição extrema, induzir a crença de que somente uma medida seria suficiente para estabelecer aquilo que seria o valor verdadeiro de uma grandeza. Em contraposição a esse paradigma, descrevem o Paradigma de Conjunto, caracterizado pela noção de que cada medida é apenas uma aproximação do valor verdadeiro e que o desvio de cada uma em relação a esse valor é aleatório. Como consequência, uma série de medidas é necessária, e a melhor informação sobre esse valor verdadeiro é obtida pela combinação dessas medidas usando ferramentas estatísticas capazes de descrever os dados coletivamente. Assim, enquanto no Paradigma Pontual a incerteza associada com a medição de uma grandeza particular poderia, em princípio, ser igual a zero, no Paradigma de Conjunto há a compreensão de que há sempre alguma incerteza associada a qualquer medida.

Algumas dificuldades de estudantes de um curso de Física com trabalhos experimentais também foram observadas por nós. Entre elas, dificuldades em conceber que medidas flutuam, em trabalhar com Algarismos significativos e em compreender o significado da incerteza de uma medida, bem como a necessidade de associá-la sempre à representação de um valor obtido experimentalmente (Marineli et al, 2003; Marineli e Pacca, 2006).

Mais do que listar as dificuldades dos estudantes, entendemos ser importante interpretá-las, buscando possíveis razões para essas dificuldades com conceitos típicos de uma aula experimental. Um trabalho que traz explicações nesse sentido é o de Laburú e Barros (2009), onde são apresentadas razões para a formação do Paradigma Pontual. Para caracterizar essas razões, são utilizados argumentos cognitivistas da teoria piagetiana e argumentos relacionados à inexistência de uma separação entre uma noção matemática de contagem ou numeração e uma medida física, ou entre esta e uma medida matemática. Outro trabalho que toca na questão da origem das dificuldades dos estudantes é o de Coelho e Séré (1998), apesar de fazer somente uma menção de passagem. Nesse trabalho são analisadas atividades experimentais realizadas por estudantes franceses de ensino secundário e realizadas entrevistas com os estudantes. As autoras constataram a crença dos alunos na possibilidade de obtenção de um “valor verdadeiro” de uma medição, sem qualquer imprecisão, crença essa que segundo elas estaria relacionada com um “profundo realismo espontâneo”, no sentido de uma “crença epistemológica”.

Essa ideia apresentada por Coelho e Séré, que relaciona as formas de entendimento dos estudantes a concepções sobre a realidade física, também foi utilizado por nós em trabalho anterior (Marineli e Pacca, 2006) e será retomada no presente trabalho para uma ampliação e aprofundamento. Nossa hipótese é que as formas com as quais os alunos

compreenderem a realidade podem ter relação com as dificuldades apresentadas por eles com atividades experimentais. Dessa forma, buscamos interpretar essas dificuldades, relacionando-as com caracterizações a respeito da realidade advindas de descrições e análises fenomenológicas e sociológicas realizadas por Schutz (1974) e por Berger e Luckmann (2005).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. O aspecto social da realidade

Existem diferentes significados quando falamos em “realidade”. E, mais que isso, esses significados podem dizer respeito a diferentes aspectos do mundo. É possível usar esse termo para serem feitas referências a aspectos relacionados ao dia a dia das pessoas, constituído por um conjunto estável de objetos e relações identificados como a “realidade imediata”. No entanto, o termo “realidade”, nesse contexto, não tem o mesmo significado de quando o utilizamos para nos referir à realidade dos quarks, da constância da velocidade da luz ou da lei da inércia. Quando são tratados entidades ou conceitos da ciência, estamos dentro do contexto científico, que possui uma forma de conceber o mundo diferente da perspectiva tomada cotidianamente; a realidade cotidiana e a científica são diferentemente caracterizadas em termos epistemológicos (Berger e Luckmann, 2005).

Como exemplo dessa perspectiva diferente, da forma diferenciada de conceber o mundo, na concepção científica a matéria passa a ser vista como composta, principalmente, por espaço vazio; germes microscópicos, e não a chuva ou o vento frio, passam a ser a causa dos resfriados; 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, Ogborn e Kress, 1999).

Considerações sociológicas elaboradas por Berger e Luckmann (2005) a respeito da realidade declaram que ela é construída socialmente. Esses autores fazem uma análise de como a realidade cotidiana é acessível às pessoas. Nesse contexto, Berger e Luckmann (2005, p.11) defendem que possíveis definições para realidade e para 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”.

A realidade cotidiana, vivenciada no dia a dia, é geralmente tratado como sendo “a” realidade. Schutz inclusive a chama de “realidade suprema”. A sua estabilidade dinâmica (permanência na mutabilidade) confere-lhe existência própria e autonomia, o que faz com que a realidade do dia a dia seja considerada como única, imutável e permanente (Berger e Luckmann, 2005). Pessoas que vivem em uma mesma sociedade tendem a percebê-la de maneira semelhante e pouco refletem sobre isso, tratando-a como algo natural (Schutz, 1974), uma vez que são motivos pragmáticos que governam as pessoas no mundo da vida diária. Além disso, a realidade da vida cotidiana é em certo sentido intersubjetiva, tão real para mim quanto para os outros; muitas das minhas percepções sobre as coisas e as percepções dos outros parecem correspondem neste mundo que partilhamos. E por ser partilhada, essa realidade

cotidiana é mais facilmente admitida como “a” realidade. Ela está aí, evidente por si mesma e compulsória. Assim, podemos pensar que as concepções advindas dela são altamente “enraizadas”, ainda mais que vão se formando desde a infância, quando estamos nos desenvolvendo em meio a um cotidiano já formado e estabelecido<sup>1</sup>.

Segundo Schutz (1974), parte das nossas interpretações sobre o mundo nos é dada pelas experiências e interpretações de outros, que nos antecederam nele, e são adquiridas por meio de interações sociais. E isso funciona como um esquema de referência, que atribui sentido às coisas. Schutz afirma ainda que dentro do esquema de referência do cotidiano não há interesse nem razão em se levantar dúvidas em relação aos objetos na medida em que esse esquema de referência funciona. Não há razão em duvidar que nossas experiências nos oferecem um acesso às coisas como realmente são.

Para esse autor, a realidade cotidiana possui um estilo cognitivo próprio, com as seguintes características: as pessoas mantêm-se nela com uma atitude alerta, que se origina de uma plena atenção à vida; há uma atitude específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos à volta; há uma forma específica de experimentar o próprio “si mesmo”, como um si mesmo “executante”, que age no mundo; há uma forma própria de sociabilidade (um mundo intersubjetivo comum); há uma perspectiva temporal específica.

Mas a concepção cotidiana sobre o mundo não é a única; em 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.

Schutz (1974) afirma que essas “diferentes realidades” podem ser consideradas como campos finitos de significação, com significados e modos de experiência delimitados. Esses campos caracterizam-se, entre outras coisas, 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” (Berger e Luckmann, 2005, p.43). Como exemplo disso, as experiências estéticas e religiosas são ricas em produzir transições dessa espécie. O sonho pode ser tomado como outro exemplo. Fala-se na realidade cotidiana como “realidade suprema” porque estamos inseridos nela de forma compulsória e não podemos nos desvincular dela durante nossa vida. E mesmo após nos “deslocarmos” para outro campo de realidade, sempre acabaremos voltando à realidade do dia a dia.

Para Schutz (1974), esses campos finitos de significação são determinados por um conjunto de experiências com estilo cognitivo específico, coerentes e compatíveis umas com as outras. Ou seja, cada um desses campos possui

características internas específicas. No entanto, as características de um campo não precisam, necessariamente, ser compatíveis com as da vida cotidiana. Enquanto nessa última há uma atitude específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos com os quais lidamos no dia a dia, em outro campo essa suspensão pode não existir e certas características dos objetos serem postas em questão ou, então, os objetos serem tratados de forma diferente daquela do dia a dia, não mais como realidade dada.

Nesse contexto, a ciência se configura como um campo finito de significação, diferente do campo cotidiano. Suas teorizações não têm os fins práticos das questões da vida do dia a dia, mas são ações planejadas com o propósito de se obter soluções para determinados problemas, com o sentido de compreender da forma mais precisa possível parte do mundo. As explicações científicas são desenvolvidas buscando generalidade e utilizam como parâmetro a confrontação experimental, além da ciência estar em constante busca pelo aperfeiçoamento e pela ampliação do conhecimento, especificidades essas que não estão presentes nos conhecimentos do cotidiano.

O conhecimento científico é uma construção social – como as demais formas de conhecimentos –, aperfeiçoada ao longo dos últimos séculos, que gera uma maneira 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. Nessa discussão sociológica não se trata, pois, quando se fala em realidade, da realidade em si, como dimensão ontológica do mundo, mas das atribuições possíveis de serem feitas a respeito dessa realidade.

Os fenômenos e elementos naturais presentes no dia a dia também podem ser objetos de conhecimento da ciência, mas em cada um desses contextos eles se inserem em “diferentes realidades”. Duarte Jr. (1988) utiliza a água de um rio como exemplo para discorrer sobre o que ele chama de “realidades diversas”. Dependendo da situação, a água pode ser algo para se matar a sede, para se refrescar ou um meio para se apagar um incêndio. Mas nessas situações dificilmente alguém irá pensar como um químico que diria que a água é uma substância composta por moléculas com dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. E antes da química afirmar que a composição da molécula da água é H<sub>2</sub>O, um número imenso de seres humanos já havia se relacionado com a água, das mais diversas maneiras, atuando sobre sua “realidade”. Nessa mesma linha, Pietrocola (2001) utiliza o exemplo de árvores, que possuem diferentes significados para quem as observa durante o caminho para o trabalho, por exemplo, e para um botânico. Podemos dizer que o estatuto dos objetos é diferente de acordo com o campo de significação em que ele está inserido.

Disso tudo, podemos dizer que a ciência gera uma forma diferenciada de conceber o mundo, caracterizando um campo de realidade que não é o mesmo da realidade concebida no senso comum. Com esse entendimento vamos voltar ao laboratório didático, onde a utilização de medidas de parâmetros que caracterizam os objetos físicos é parte integrante das formas de obtenção de informações sobre os fenômenos observados, dentro do campo da ciência.

<sup>1</sup> Sobre esse ponto, Berger e Luckmann (2005) fazem uma discussão mais ampla em relação à formação do ser humano se dar em correlação com o ambiente, tanto natural como cultural e social. E, com isso, a tomada da realidade cotidiana como “a realidade”. Fazem também uma discussão em relação aos processos de tipificação, institucionalização e reificação, que fazem a realidade cotidiana ser tomada da forma que é.

## 2.2. Elementos do laboratório didático

Voltamos aqui ao laboratório didático de Física, tendo em vista que nosso objetivo é interpretar as dificuldades apresentadas pelos estudantes com trabalhos experimentais com base em algumas das ideias expostas na seção anterior.

Uma das características essenciais de um laboratório didático é a presença de processos de medição. O conceito de medida e os procedimentos adequados para sua obtenção são bem definidos na Física experimental. O valor experimental de uma determinada grandeza é obtido por meio de um conjunto de medições repetidas, e a quantidade delas dependerá de vários fatores, ligados às necessidades e possibilidades do experimento. Isso é necessário porque o que se observa, quando se mede algo mais de uma vez, é que em cada medição, mesmo com o cuidado de se reproduzir as mesmas condições da medição anterior, geralmente se obtém um resultado diferente do obtido anteriormente, ou seja, os valores obtidos têm uma variação com um carácter aleatório<sup>2</sup>. Esse fato – que significa dizer que os resultados das medidas flutuam – mostra que não é possível obter um valor exato e único de um mensurado.

Isso exige que a representação de uma medida esteja sempre acompanhada de uma estimativa de quão boa ela é, uma vez que sempre há imprecisões em um processo de medição<sup>3</sup>; precisamos conhecer sua incerteza, ou seja, um intervalo de valores dentro do qual provavelmente estará o “valor verdadeiro” da grandeza medida; além disso, há a necessidade de informar o nível de confiança desse intervalo definido pelo valor da incerteza (Helene, Tsai e Teixeira, 1991). Para um conjunto de medidas, a informação sobre a incerteza pode ser obtida a partir da dispersão dos resultados, caracterizada pelo desvio padrão<sup>4</sup>. A análise dos dados obtidos por meio de medidas é geralmente realizada com ferramentas e conceitos estatísticos definidos pela Teoria de Erros (Vuolo, 1996).

O tratamento de dados que é necessário no trabalho experimental em um laboratório de Física de um curso de graduação é um aspecto que traz dificuldades para os alunos. No entanto, a dificuldade com o aspecto operacional do tratamento dos dados não é, necessariamente, a única; existem outros elementos que nos parecem mais fundamentais do que as dificuldades encontradas com o domínio da estatística.

Nas atividades experimentais está presente uma dimensão empírica, e se trabalha de alguma forma uma relação entre

<sup>2</sup> Trata-se aqui de casos em que essa variação é mensurável.

<sup>3</sup> Essa é a descrição de somente um dos fatores que leva à necessidade da representação de incertezas. Para uma descrição mais completa dos diversos fatores presentes nos processos de medição que implicam na produção de incertezas, ver Lima Junior e Silveira (2011).

<sup>4</sup> É dado destaque aqui somente a elementos que caracterizam as incertezas do Tipo A, uma vez que nos experimentos realizados pelos alunos cujas ideias apresentaremos mais à frente, quase sempre havia variabilidade perceptível nos resultados das medições, o que tornava possível avaliar as incertezas por procedimentos do Tipo A. E quando havia a necessidade de se estimar a incerteza de uma única medida, em quase todas as situações era usado como critério a metade da menor divisão da escala do aparelho utilizado na medição.

essa dimensão e conteúdos teóricos. Essa relação, ou melhor, a adequação entre os dados obtidos nas medidas e a dimensão teórica, segundo Cudmani e Sandoval (1991), se dá, entre outras coisas, por meio da análise dos erros experimentais<sup>5</sup>, 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” (Cudmani e Sandoval, 1991, p.201).

Em relação ao termo “realidade” que aparece na frase anterior, consideramos, pelo contexto da frase, que o termo tem o mesmo sentido de “dimensão empírica”, o que difere do sentido utilizado por nós, apresentado na seção anterior.

Sobre essa questão da adequação entre os referenciais empírico e teórico, há mais elementos além desse apontado que poderiam ser considerados como relevantes; a adequação não se restringe somente à Teoria de Erros. Mesmo porque, essa adequação está relacionada a um dado modelo, dentro do marco de uma dada teoria, com o referente empírico. No entanto, o papel da análise dos erros experimentais enquanto elemento de adequação é um ponto que consideramos relevante.

## 3. HIPÓTESES DE TRABALHO

Considerando que a ciência gera uma forma diferenciada de conceber o mundo, diferente daquela do dia a dia, pensamos que é parte integrante do aprendizado de ciências uma mudança de critérios na forma de conceber fenômenos ou entidades. Assim, com essa mudança, passar-se-ia a acessar e interpretar os fenômenos a partir de outra perspectiva – a científica –, o que exigiria definir e conceituar outro campo de realidade.

Podemos considerar, em um contexto específico de um laboratório didático, que os dados de uma experiência não são necessariamente compreendidos pelos alunos tal como a ciência os entende. Outras representações, trazidas pelos estudantes, apresentam-se na leitura que fazem dos objetos e fenômenos observados. A caracterização da realidade tal qual entendida pela ciência não é de pleno domínio dos alunos, o que pode levar a interpretações diversas daquelas que seriam consideradas científicas. Já os conhecimentos advindos do campo de realidade cotidiano estão consolidados nos estudantes, como nas demais pessoas que partilham do mesmo convívio social; as formas de acessar o mundo e de conceber a realidade que estão presentes nesse campo cotidiano são dominantes. Dessa forma, temos como hipótese que a utilização dessas concepções, adquiridas socialmente, para interpretar questões científicas tratadas num ambiente de aprendizagem pode ser um elemento que leve às dificuldades enfrentadas pelos estudantes em atividades em um laboratório didático de Física.

Como já apontamos, Cudmani e Sandoval (1991) referem-se ao fato de que no laboratório didático existem dois referenciais distintos, um teórico e um empírico. Nos termos deste nosso trabalho, consideramos que o referencial teórico

<sup>5</sup> A expressão “erros experimentais” tem o sentido tal como definido pela Teoria de Erros (Vuolo, 1996).

está inserido no contexto da ciência, na forma dela conceber o mundo; já o empírico é representado pelo contato com os fenômenos no laboratório. E entre outras coisas, a compatibilidade destes dois referenciais é definida utilizando como critério a Teoria de Erros. Desta forma, consideramos que as dificuldades dos estudantes com aspectos da Teoria de Erros, neste elemento de adequação entre o teórico e o empírico, bem como com as medidas e os conceitos associados a ela, estejam relacionadas a formas de interpretação do mundo. Ao utilizar formas de interpretação que vêm do cotidiano, a Teoria de Erros, ou a análise dos erros experimentais, fica sem sentido, como também ficam sem sentido muitos dos conceitos relacionados às medidas.

Assim, de acordo com a hipótese que apresentamos, consideramos que as dificuldades dos estudantes podem ser interpretadas ao considerarmos que, ao invés da utilização das conceituações científicas para a interpretação dos dados obtidos em um laboratório, estão sendo utilizadas formas de caracterizar a realidade vindas do mundo cotidiano.

Utilizamos ainda uma segunda hipótese de trabalho: consideramos que para os alunos cujas ideias analisamos a realidade cotidiana tem aspectos comuns, com um estilo cognitivo específico, independentemente das condições individuais de cada estudante, uma vez que existe certo nível de intersubjetividade estabelecida e compartilhada entre os indivíduos. E isso leva a aspectos comuns nas visões da realidade cotidiana dos estudantes. Esses aspectos comuns que foram considerados são os elencados por Schutz (1974) e já apresentados anteriormente. Entre eles, destacamos: a existência de um mundo intersubjetivo comum; a existência de uma atitude específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos à volta; uma forma específica de experimentar a si mesmo, como um si mesmo “executante”, que age no mundo; a existência de uma perspectiva temporal específica.

#### 4. A PESQUISA

Este trabalho é baseado em uma pesquisa (Marineli, 2007) que utilizou informações obtidas de material escrito por estudantes em atividades em um laboratório didático. No ano de 2001 foram acompanhadas duas turmas, uma em cada semestre, da disciplina Laboratório de Mecânica, disciplina essa que faz parte da matriz curricular do curso de Licenciatura em Física da Universidade da São Paulo. Esta disciplina é cursada por estudantes que estão no 4º ou 5º semestre do curso de Licenciatura (turno diurno e noturno, respectivamente). Antes dela, os estudantes frequentaram, no 1º semestre do curso, uma disciplina chamada Introdução às Medidas em Física, que trata, basicamente, de experimentos simples cuja preocupação é com as medidas em si e com noções a respeito de tratamento de dados experimentais.

A disciplina Laboratório de Mecânica, nos semestres que a acompanhamos, foi uma disciplina tradicional de laboratório, onde o docente fazia uma exposição inicial de elementos importantes para o desenvolvimento dos trabalhos experimentais e, na sequência, os estudantes realizavam o trabalho em grupo, principalmente a coleta dos dados. Após isso, geralmente fora do horário da disciplina, esses dados eram analisados e um relatório elaborado.

Nos dois semestres acompanhados, um total de 77 alunos fez a entrega de algum relatório da disciplina. A maioria dos relatórios foi elaborada em equipe, a mesma que havia realizado a experiência em conjunto.

Os dados para a análise efetuada constituíram-se de frases selecionadas dos relatórios dos alunos, tendo como critério inicial seu conteúdo errôneo ou inadequado quando comparado com a concepção aceita cientificamente. A descrição das atividades desenvolvidas pelos estudantes, que deram origem aos relatórios de onde foram retiradas as frases utilizadas, se encontra no Apêndice do presente trabalho. A verificação de erros recorrentes cometidos pelos estudantes, bem como interpretações equivocadas, chamou nossa atenção para a necessidade de verificar esses elementos. Posteriormente, o critério inicial foi estendido para abarcar outros aspectos que pretendíamos explorar (Bodgan e Biklen, 1999) e, para isso, o referencial teórico utilizado (Schutz, 1974; Berger e Luckmann, 2005) serviu como um guia.

Consideramos como unidade de análise frases onde eram expressas ideias acerca do conteúdo que investigamos, isto é, conceitos relacionados a medidas ou a dados obtidos experimentalmente. As frases foram organizadas de acordo com o significado que pudemos atribuir-lhes, com base em ideias relativas à realidade, focalizando nossa atenção nas expressões que traziam evidências de uma representação errônea de resultados de medidas, ou a uma concepção equivocada sobre os dados ou sobre o processo de medição. Assim, foram construídas seis categorias de análise, buscando compreender as concepções dos sujeitos que possivelmente levaram ao erro.

Não fizemos distinções entre as ideias dos diferentes estudantes, pontos de vista individuais não foram tratados e nem aspectos de suas particulares vidas cotidianas. Ao utilizarmos os materiais escritos por eles, vindos de atividades em um laboratório, limitamos nossa análise a somente o que estava apresentado naqueles materiais.

#### 5. RESULTADOS

##### 5.1. As concepções de senso comum e a realidade implícita: as categorias de análise

Aqui apresentamos as categorias que desenvolvemos, construídas a partir do material escrito produzido pelos estudantes no trabalho da disciplina de laboratório. A interpretação das categorias nos possibilita relacionar as dificuldades que os alunos possuem com medidas e com a análise de dados experimentais, com concepções relacionadas à realidade vindas do mundo cotidiano.

Do total de trechos analisados na pesquisa, selecionamos para este trabalho alguns exemplares para cada categoria. Os grifos nas frases são nossos e pretendem salientar as ideias que nos orientaram na nossa interpretação.

##### Categoria A - Flutuação de medidas

Esta categoria trata da dificuldade dos alunos em conceber que as flutuações nos resultados das medidas são inerentes ao processo experimental. Foram classificadas aqui frases que possuíam basicamente a característica de considerar a

flutuação como algo que desqualificava os resultados obtidos.

A seguir temos um exemplo, retirado de um experimento em que os alunos deveriam obter experimentalmente o período de oscilação de um pêndulo físico, comparando os resultados obtidos por meio de dois métodos de medida: um utilizando um microcomputador controlado por um contato elétrico e outro utilizando um cronômetro manual. Em seguida esses resultados deveriam ser comparados com um terceiro, determinado por meio de um cálculo teórico (Atividade 3, descrita sucintamente no apêndice). Uma resposta encontrada dizia:

*“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 medidas com maior dispersão. No entanto, qualificaram o método como inadequado devido justamente à flutuação dos valores, o que parece indicar que a flutuação é algo negativo, que invalidaria, inclusive, o método utilizado.

Outro exemplo é frase seguinte, retirada de um relatório que veio de um experimento onde era necessário fazer a comparação entre um gráfico com a velocidade medida de um objeto e outro determinado por meio de um cálculo teórico (Atividade 5, descrita no apêndice):

*“Colocando-se as duas velocidades no mesmo gráfico [a velocidade medida diretamente e a calculada] vemos que coincide vários pontos dentro da incerteza, mas ficou outra quantidade fora que representa algum procedimento errado que não conseguimos detectar.”*

Nesta frase, aparece a ideia da necessidade de coincidência de todos os pontos do gráfico com a previsão teórica, desconsiderando possíveis flutuações nos dados obtidos e, além disso, o nível de confiança do intervalo de incertezas.

As ideias expressas nesses exemplos mostram problemas com o conceito de flutuação, que é algo inerente a um conjunto de resultados experimentais.

### Categoria B - Incerteza na representação de medidas

Relacionada a essa compreensão errônea exemplificada na Categoria A está outra dificuldade apresentada pelos estudantes: compreender a obrigatoriedade e necessidade de representação e informação da incerteza, que deve ser atribuída a qualquer medida efetuada.

A dificuldade com incertezas manteve-se presente durante todo o transcorrer das disciplinas em que foram tirados os materiais que estamos analisando, sendo grande o número de vezes em que os valores das medições foram apresentados nos relatórios sem indicação das devidas incertezas. Além disso, em alguns casos onde se interpretavam e avaliavam resultados experimentais, não

eram levadas em conta as incertezas das medidas para a comparação entre os resultados.

O exemplo a seguir parece apontar nessa direção. Após analisar um gráfico de energia em função do quadrado da massa (Atividade 4), 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.”*

Essa frase se refere a um gráfico que representa a energia em função da massa ao quadrado. Para esses alunos, parece não surpreender que exista energia potencial (que era o assunto do experimento) diferente de zero mesmo com a massa nula. Esse resultado seria satisfatório fisicamente se estivesse associado a uma estimativa da incerteza no valor da energia; essa, provavelmente, colocaria o valor zero dentro de um intervalo de valores possíveis e prováveis. No entanto, em todo o relatório não foi utilizada e nem feita nenhuma menção a incertezas, e acreditamos que essa consideração do valor da energia diferente de zero com massa nula venha dessa falha. Fazendo as contas, utilizando somente os valores das grandezas como se fossem absolutos, eles chegaram a isso, sem necessidade de uma avaliação extra. A falta do conceito de incerteza com significado de uma realidade física e inerente a qualquer medida explicaria a resposta inadequada. No gráfico analisado por eles no experimento foi traçada uma reta, mas não lhe foi atribuído significado físico, talvez 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).

A próxima frase foi expressa por um aluno após ter realizado a medição do volume de um sólido de forma cúbica, utilizando três instrumentos diferentes: uma régua, um paquímetro e um micrômetro. Após as medições, ele deveria determinar a densidade do sólido utilizando os valores obtidos (Atividade 2).

*“Comparando os três resultados, podemos notar que quanto mais preciso o instrumento, melhor é a aproximação da densidade em relação a do material que é feito o cubo que foi analisado.”*

Nessa expressão está sendo considerado que a medida leva a um valor pontual e não um intervalo de valores, em uma clara desconsideração das incertezas. Traz a ideia de que quanto mais preciso for o instrumento utilizado, mais o valor pontual obtido por meio dele se aproxima do valor real, e também pontual, da densidade do material.

Outra frase, retirada de um relatório relativo ao mesmo experimento (Atividade 2), um estudante afirma que:

*“O resultado mais confiável é o apresentado pelo micrômetro e o menos confiável pela régua, mas em ambas as dimensões de densidade existe a concordância de resultados até a quarta casa à direita da vírgula o que leva a conclusão que até quarta casa a medição é confiável.”*

Os valores de densidade obtidos por esse aluno foram:

- com a régua:  $(0,00115 \pm 0,00006)$  g/mm<sup>3</sup>;
- com o paquímetro:  $(0,001142 \pm 0,000011)$  g/mm<sup>3</sup>;
- com o micrômetro:  $(0,001145 \pm 0,000010)$  g/mm<sup>3</sup>.

Com os três instrumentos os valores até a quarta casa são iguais. Entendemos que o “ser confiável” na expressão do aluno significa “ser preciso”, “sem dúvida”. No entanto, isso não está relacionado às incertezas, pois se elas forem somadas ou subtraídas, o valor da quarta casa muda no caso dos resultados obtidos utilizando a régua. Ou seja, para escrever a frase o estudante levou em consideração somente o valor absoluto das grandezas, sem levar em conta as incertezas. E a medição ser confiável, para o aluno, parece significar ausência de qualquer tipo de variação.

### Interpretando as Categorias A e B

As categorias A e B possuem relação entre si. A incerteza nos valores das medidas é algo cuja relevância não é clara para os estudantes e o conceito de flutuação, que está relacionado ao de incerteza, também se mostrou vazio de significado, pois nas situações apresentadas a diversidade de valores encontrada é tratada pelos estudantes como algo que prejudica o conhecimento. E a busca pelo “valor exato” parece estar por trás de alguns dos problemas, tanto com o conceito de flutuação como também com o de incerteza.

Tudo isso parece mostrar que na concepção dos estudantes aquilo que é “incerto” seja algo que não mereça crédito. A certeza em relação aos objetos é um conceito oriundo do campo cotidiano, onde há uma suspensão da dúvida frente aos objetos com que lidamos (Schutz, 1974). Suspensão da dúvida também em relação à possibilidade de definição das características desses objetos, ou seja, a determinação exata deles é considerada como possível. Já em uma abordagem científica em que são utilizadas medições para a determinação do valor de uma grandeza, as características daquilo que se mede não podem ser determinadas fazendo considerações ou utilizando os critérios do dia a dia. Mesmo porque, não há a possibilidade de se ter um valor exato e completamente determinado em uma medição, uma vez que ela não nos fornece um valor pontual, mas um intervalo de valores possíveis.

Dessa forma, a ideia das flutuações como sendo algo negativo e a dificuldade no entendimento do conceito de incerteza – bem como a ausência delas acompanhando uma medida –, indicam, em nossa interpretação, a ocorrência de uma transposição conceitual do campo cotidiano para o científico. As dificuldades com esses conceitos parecem ocorrer devido a uma concepção de que é possível o acesso direto e de forma pontual a um valor verdadeiro de uma grandeza mensurada, de forma análoga ao acesso aos objetos com os quais lidamos no dia a dia, onde não se duvida da possibilidade de se determinar as características dos objetos com exatidão e da possibilidade de um acesso direto a eles.

### Categoria C - Influência do observador (ou medidor) nas medidas

Nesta categoria foram incluídas as frases em que aparecia a concepção de que quanto mais intervenção do experimentador houver, pior será o resultado obtido. Isso

tanto para os casos em que o resultado obtido era o esperado como para os casos em que não era.

Nas ideias dos estudantes apareceu a compreensão de que esse tipo de influência negativa é inerente à intervenção humana e não devido a um erro circunstancial.

Um primeiro exemplo nessa categoria atribui a “falhas humanas” a diferença entre o resultado obtido e o que era esperado. Esta frase é uma explicação para o fato de que os valores obtidos com medidas realizadas por um computador e por um cronômetro manual não concordam (Atividade 3).

*“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 cronômetro], além do fato de que o cronômetro era disparado manualmente o que inclui um erro devido à ‘falhas humanas.’”*

Parece que não ficou clara para os estudantes a necessidade de medir o tempo para três períodos consecutivos, porque um único período era muito pequeno para ser medido manualmente, acarretando uma incerteza relativa maior. Além disso, e essa é a questão que nos interessa, aparece a ideia de um erro devido a “falhas humanas”.

O que chama a atenção nesse tipo de consideração, relacionada à análise que estamos realizando, é a concepção da interferência humana como fator que “obscurerece” o acesso e o conhecimento do fenômeno. Neste caso, parecem trabalhar com a ideia de que quanto maior a intervenção do experimentador, pior para o resultado, como se ele pudesse ser encontrado sem qualquer intervenção.

Outro exemplo (também da Atividade 3):

*“O valor experimental mais provável do período do pêndulo foi medido com o cronômetro e vale  $(0,99 \pm 0,04) 10^3$  ms. O valor concorda com a previsão teórica dentro das incertezas experimentais. O método, no entanto, não é o mais adequado para medir pequenos intervalos de tempo, pois o tempo de reação do experimentador pode falsear a medida.”*

Aqui, representar a incerteza parece ser mais uma exigência das regras do trabalho em laboratório do que uma indicação de um intervalo de confiança, pois o resultado pode estar “falseado” pela influência do experimentador.

Essa ideia aparece novamente em outra frase (ainda Atividade 3):

*“O valor experimental mais provável do período foi obtido com o cronômetro manual, que concorda com a previsão teórica, embora este não seja o método mais adequado para medir pequenos intervalos de tempo, devido ao tempo de reação humano.”*

Novamente, aparece a ideia de que uma influência humana é algo negativo. E isso mesmo sendo o resultado que concorda com a previsão teórica.

Esses exemplos todos parecem mostrar que ao se medir existe nos resultados uma influência de quem mede e que

essa influência é algo ruim, pois pode “falsear a medida” ou incluir erros decorrentes de “falhas humanas”, como apareceu nas frases. Entendemos que considerar o elemento humano como algo ruim significa que deveria existir, na concepção dos estudantes, a possibilidade de se acessar fenômenos sem uma intervenção humana. Talvez por meio de uma medição com algum aparelho, como um computador. Inclusive os resultados obtidos utilizando computadores foram tratados como melhores, até nos casos em que eles não concordavam com a previsão teórica.

Parece haver aqui a busca por um valor “ideal”, algo que seria próximo da previsão teórica. Essa última, no caso do experimento onde foram retiradas as frases, era determinada usando uma equação, mas os valores utilizados nessa equação vieram de medições. A incerteza desse valor “teórico” era baixa e talvez os estudantes buscassem um valor experimental também com incerteza baixa. O que não era o caso do valor obtido utilizando o cronômetro.

#### Categoria D - A teoria e a relação com as medidas

Nessa categoria estão incluídas frases em que aparece a ideia do valor teórico de referência ser uma referência absoluta. Ou seja, não é concebido que um resultado calculado a partir de uma expressão matemática possa ser incerto. Traz a concepção de que um modelo ou teoria científica têm o mundo como referencial direto ou seriam como um retrato direto do mundo, relacionada a um realismo ingênuo.

Sobre esse último ponto, da teoria ter como referencial direto o mundo, há o seguinte exemplo (Atividade 3):

*“O método utilizado é perfeitamente coerente com o dispositivo usado, não sendo necessário um equipamento que disponha de uma precisão além de décimos de segundo, pois existem influências externas como: resistência do ar, deflexão do parafuso limitador do ângulo de disparo, oscilador acoplado (mola) no fim do curso. Anulando qualquer possibilidade de uma precisão maior na detecção do período real.”*

Nessa frase se afirma que as “influências externas” interferem na detecção do “período real”, como se o período verdadeiro não pudesse ser obtido por meio de medições (onde todas essas “influências externas” estão presentes), mas sim por meio de um modelo teórico que as desconsidera.

Sobre esse mesmo ponto há, ainda, o seguinte exemplo (retirada da Atividade 5):

*“Podemos observar que, através do gráfico da velocidade, o fenômeno aproxima-se muito do que é observado na experiência, pois os dados são coletados com maior precisão. Já o gráfico de aceleração teve pontos dispersos, pois informações foram perdidas devido à derivação dos dados da velocidade. A Segunda curva feita através da equação [ficou] longe do esperado devido ao fato de  $v_0$  [velocidade inicial do pique] e  $b$  [coeficiente de atrito viscoso com o ar] terem sido tirados de uma curva nada precisa.”*

Nesse último exemplo, a afirmação de que “o fenômeno aproxima-se muito do que é observado na experiência” parece significar que a teoria está sendo utilizada como se fosse uma descrição exata do fenômeno, que a mesma apreendesse esse último em sua totalidade, e a experiência fosse uma forma de se chegar a ele. Ou seja, parece haver a consideração de que as teorias científicas são um retrato preciso do mundo ou uma descrição direta de fenômenos e o problema estaria no fato de em uma medição haver influências daquilo que é desconsiderado no modelo teórico.

Há uma consideração em relação à utilização do valor teórico como referência absoluta que precisa ser feita. A concepção das teorias científicas como um retrato direto do mundo aparece em uma visão “popular” e ingênua da ciência, difundida entre as pessoas de um modo geral (Chalmers, 1993). E as teorias não seriam um retrato qualquer do mundo, mas um retrato extremamente confiável. E essa visão do conhecimento científico, que possui características empiristas, também é um fator que influencia estudantes de ciências, e deve estar, também, na base das considerações dos estudantes observadas por nós.

Pelos motivos expostos, 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 entre os resultados obtidos e a previsão teórica, mais bem sucedido o experimento é considerado, independente da incerteza associada.

#### Interpretando as Categorias C e D

Nas situações apresentadas, quando é utilizada uma expressão matemática para se calcular um valor “teórico”, mesmo nos casos em que são utilizados nela dados obtidos de medições, esse valor passa a ser uma referência, e em alguns casos os estudantes buscam obter experimentalmente um valor tão preciso quanto ele. Ao não conseguir isso, atribuem a causa a “falhas humanas” (Categorias C), considerando a interferência humana algo ruim. Em outras situações, em que há também um valor teórico de referência para os estudantes compararem com os dados obtidos em um experimento, esse valor teórico é usado como o valor verdadeiro e os problemas por não se chegar a ele são imputados aos processos experimentais de um modo geral (Categoria D), cujo problema estaria no fato de esses processos sofrerem influências de fatores que não aparecem no modelo teórico. Em ambos os casos, há uma busca por um valor o mais próximo possível do valor usado como referência, e de forma precisa.

Aqui, nas Categorias C e D, aparecem ideias relacionadas a problemas no acesso aos fenômenos medidos, como se o processo de medição fosse falho. Além disso, os estudantes parecem fazer uma distinção entre os dados experimentais obtidos por eles e os dados que de alguma forma vem de equipamentos que os tomam automaticamente, como um computador. Esses últimos acabam sendo tomados como valores verdadeiros e independentes de qualquer ação humana. A dimensão construída e as incertezas que existem em qualquer processo de medição, inclusive com um computador, não parecem estar sendo levadas em consideração.

Esse aspecto construído parece que também não é levado em consideração ao se utilizar teorias e modelos da ciência, que são tomados como prontos, definitivos e como referência absoluta para avaliarem o quão bom estão os dados obtidos em experimentos; falta uma análise crítica em relação às simplificações e limitações dos modelos. Se esses são tomados como um “retrato” do mundo, naturalmente os bons dados são os que concordam com eles; se não concordam, o problema estaria no processo de medição ou obtenção dos dados.

O que parece estar por trás das ideias sobre a intervenção humana ser problemática é o entendimento de que seria possível se acessar fenômenos sem qualquer forma de intervenção servindo de mediação, ou seja, alguma forma “direta” de acesso. E isso possui proximidade com a maneira com a qual nos relacionamos com fenômenos e acontecimentos do dia a dia, da realidade cotidiana, que no geral é tratada como uma realidade dada e direta, conforme discutimos anteriormente. Além disso, a consideração de que teorias e modelos (e conseqüentemente valores vindos de cálculos que envolvem teorias) são representações completas dos fenômenos – ou seja, retratos diretos do mundo –, é novamente semelhante a concepções que se têm sobre o campo cotidiano, que trata o mundo como dado e pronto. Em ambos os casos falta a ideia do elemento de construção em relação às nossas formas de compreender o mundo, da mesma forma que esse componente construído não é comumente considerado na realidade do dia a dia (Berger e Luckmann, 2005).

No campo cotidiano, apesar da realidade ser tomada como dada, a ação humana existe, os homens se colocam como seres executantes, que agem para alcançar determinados fins. No entanto, não há interesse teórico no dia a dia. Já no caso em que estamos analisando, há o interesse de estudar as características de um determinado objeto ou fenômeno e, dessa forma, parece surgir a ideia de que a ação pode interferir na apreensão do fenômeno. Ainda mais que há aqui a busca por um valor preciso e determinado, tal como a realidade é concebida, e os problemas por não se alcançar esse objetivo são imputados a falhas nos processos de medição.

#### Categoria E - Ideias cotidianas sobre grandezas físicas ou objetos

Nesta categoria foram incluídas as frases em que aparece uma caracterização de objetos ou grandezas científicas da mesma forma que se caracterizam objetos do cotidiano. Por exemplo, temos a frase a seguir (retirada da Atividade 2):

*“As incertezas do micrômetro e do paquímetro coincidiram no cálculo da densidade devido à adequação de notação realizada no final dos cálculos.”*

Nesse caso, o aluno afirma que completou um resultado de medida com zero à direita para que o número de casas após a vírgula desse valor e o da sua incerteza ficassem iguais. Fez as contas com um número inferior de algarismos significativos e depois, com o cálculo das incertezas, percebeu que esse número de algarismos usado era insuficiente e completou com zero. A “coincidência” era necessária, então se fez a “adequação”. Assim, a busca da

coerência entre o número de algarismos significativos do valor da grandeza e de sua incerteza, que era uma necessidade imposta pelas regras de trabalho no laboratório, foi feita com um acréscimo arbitrário de um zero e, além disso, foi declarado por escrito esse procedimento.

Considerando a questão dos campos de realidade, podemos pensar em como um valor que se encontra na segunda casa após a vírgula (centésimo de  $g/cm^3$ ), que era o caso, pode ser visto no dia a dia. Esse valor é muito pequeno para situações ordinárias, cotidianas. Dessa forma, entendemos que na concepção do aluno, esse último dígito, o completado, se referia a algo tão pequeno que não fazia diferença acrescentá-lo. Ou seja, ao considerar uma forma usual, do dia-a-dia, aquele dígito, de tão pequeno, não faria diferença. Mas teve de ser acrescentado porque assim era necessário pelas regras do trabalho, que exigiam coerências entre o número de algarismos significativos entre o valor da grandeza medida e sua incerteza.

Em outro caso, semelhante a esse, um aluno achou valores diferentes para o desvio padrão calculado e para uma estimativa feita (Atividade 1), mas escreveu:

*“Observamos que o valor adquirido é bem próximo do calculado anteriormente.”*

A diferença entre os valores obtidos por esse aluno foi de 3ms (12ms e 15ms). Mesmo sendo bastante relativamente aos valores de 12ms e 15ms, ele considerou essa diferença muito pequena. Podemos pensar, como no caso anterior, que isso está em concordância com os padrões usuais de tempo, onde 3 ms é algo praticamente instantâneo, ou seja, uma diferença que não seria significativa.

A frase seguinte foi expressa por um aluno no relatório do experimento em que deveria ser realizada a medição do volume de um sólido de forma cúbica utilizando três instrumentos diferentes (Atividade 2).

*“Os valores obtidos com o paquímetro e o micrômetro, entretanto, não concordam. Provavelmente isso é fruto da imprecisão da leitura ou equipamento não calibrado.”*

Com cada instrumento foram feitas medidas dos três lados da peça e o valor obtido para o volume foi diferente quando utilizado o paquímetro e o micrômetro, mesmo levando em consideração as incertezas.

Há de se levar em conta que no trabalho experimental em Física são utilizados modelos, que são uma simplificação de alguns aspectos dos objetos ou fenômenos, e que ao se tratar com esses modelos não é possível utilizar os mesmos critérios com que se trata os objetos do dia a dia. No entanto, na frase apresentada, a hipótese da peça medida não poder ser considerada um cubo perfeito não foi levantada. Ou seja, a limitação do modelo, a ideia de que este simplifica certos aspectos do mundo, em nenhum momento foi apontada.

Nesse caso, a questão que parece estar produzindo a dificuldade é a concepção que o sujeito tem do objeto presente no experimento: a peça de forma cúbica, nesta concepção, é um cubo sobre o qual não há dúvida nem incerteza em relação aos seus lados serem idênticos. Então, qualquer suspeita deve ser imputada aos processos que levaram às medidas e aos instrumentos utilizados para isso.

No campo do dia a dia, quando há esta aparente incoerência, é comum considerarmos que a causa seja uma observação descuidada. Já no campo científico, como é o caso, outros elementos devem ser levados em conta, como a adequação e possíveis limitações do modelo utilizado.

### Interpretando a Categoria E

A Categoria E é uma categoria onde classificamos frases em que aparece um tratamento de objetos ou grandezas científicas utilizando critérios semelhantes aos que seriam usados no cotidiano. Parte da nossa interpretação já foi exposta junto com a apresentação das frases.

Um ponto a mais que destacamos é que no contexto científico é possível ter maior precisão em determinadas informações sobre o mundo – por meio dos dados obtidos em medições –, quando comparadas às comumente obtidas no dia a dia. Dessa forma, por meio desses dados, podem aparecer as limitações de modelos utilizados, assim como podem se mostrar relevantes ordens de magnitude normalmente consideradas pequenas. No entanto, mesmo tendo em mãos dados precisos o suficiente para esse tipo de análise, lê-los sob a perspectiva do campo cotidiano não permite que essa análise seja realizada.

### Categoria F - Resultados não esperados

Esta categoria abrange as justificativas dadas pelos estudantes quando um resultado obtido por meio de uma medição era diferente do esperado. As principais causas consideradas podem ser agrupadas em cinco dimensões diferentes:

F1) Problemas no procedimento, no método ou no equipamento. Ou seja, nas formas que se utiliza para acessar o fenômeno ou objeto.

F2) Problemas com a leitura do aparelho ou a influência de quem faz a medida.

F3) Problemas com a previsão teórica ou com o modelo adotado.

F4) Influências e fatores não previstos quando erram algum cálculo.

F5) Afirmando que resultados concordam com o esperado ou que “deu certo” mesmo que os dados mostrem o contrário.

A Dimensão F5 não é bem uma justificativa para a discordância de resultados, mas sim a negação dessa discordância. Podemos pensar que, de um modo geral, os estudantes são incentivados a obter resultados “certos” nas várias disciplinas que frequentam, pois geralmente é por meio de seus acertos que são avaliados. Isso inclusive nas aulas de um laboratório tradicional. Segundo Borges (2002), os alunos entendem que o objetivo das atividades experimentais seria chegar a uma “resposta certa”, uma vez que os relatórios elaborados após essas atividades tomam muito tempo e levam à ideia de que o processo todo para obtenção das medidas não interessa, mas somente o resultado final na forma do relatório. Dessa forma, podemos considerar que a busca por resultados “certos” seria algo natural entre os estudantes e até levá-los a afirmar uma concordância quando ela não existia.

Entendemos que há semelhança entre essa Dimensão F5 e a Categoria D, que se refere à utilização de um valor teórico como referência absoluta. Nesta última entraram os casos em que os resultados eram considerados certos se estivessem de acordo com os resultados teóricos. Já na Dimensão que estamos comentando, há algo semelhante, pois a afirmação de uma concordância inexistente mostra esse desejo pela concordância, essa necessidade do resultado obtido estar de acordo com o valor teórico que consideravam como certo.

As frases classificadas na Dimensão F1 dizem respeito à atribuição do resultado obtido a problemas no procedimento, método ou equipamento, ou seja, às formas que se são utilizadas para acessar o fenômeno ou objeto.

Em F2 estão problemas com a leitura do aparelho ou com quem faz a medida. Essa dimensão possui semelhanças com a Categoria C, naquilo que diz respeito aos casos em que foi considerada a ação do experimentador como causa de erros ou discordâncias.

Somente em F3 aparece uma menção a problemas com a previsão teórica ou com o modelo utilizado, mesmo isso não sendo explícito.

As frases classificadas em F4 – que imputa as diferenças entre os valores obtidos e os esperados a alguma influência ou fator não previsto – possuem uma característica específica, que é o fato dos alunos terem errado algum cálculo e, devido a isso, os resultados apresentaram alguma discordância. Não sabendo a que a atribuir essa discordância, apelam para influências que não puderam identificar. Esse padrão foi recorrente.

### Interpretando a Categoria F

Na categoria F foram classificadas frases onde apareciam justificativas que os estudantes utilizavam quando os resultados das medições eram diferentes daqueles que eram previstos teoricamente. De um modo geral, as justificativas para as discordâncias estão mais relacionadas a problemas de acesso ao fenômeno do que a problemas com os valores previstos teoricamente. Isso foi percebido devido à quantidade de dados classificados em F1 e F2 ser maior que em F3 e F4 (21 em F1 e F2 e 10 em F3 e F4). Isso nos mostra que ao se depararem com resultados inesperados, é mais comum os alunos considerarem aquilo que vai ser medido como algo determinado, com suas características absolutamente definidas pela teoria, e o fato de não conseguirem obter essas características é uma questão de problemas com o acesso, como se tivesse ocorrido alguma falha no processo de medição. Nesse sentido, podemos interpretar os resultados aqui categorizados de forma semelhante àqueles das Categorias C e D, ou seja, toma-se o valor teórico como se esse indicasse uma caracterização direta do mundo e são os resultados experimentais obtidos pelos estudantes que não estariam conseguindo chegar a essa caracterização.

## **5.2. Síntese da discussão das categorias**

As análises apresentadas fixaram-se no conteúdo do material escrito apresentado pelos estudantes nos relatos dos experimentos. A partir das frases analisadas foram

construídas as seis categorias que apresentamos, e que se encontram resumidamente no quadro a seguir:

Quadro 1: Categorias construídas a partir da análise dos dados

<b>Categoria</b>
A) Flutuação de medidas
B) Incerteza na representação de medidas
C) Influência do observador (ou medidor) nas medidas
D) A teoria e a relação com as medidas
E) Ideias cotidianas sobre grandezas físicas ou objetos
F) Resultados não esperados
F1) Problemas no procedimento, no método ou no equipamento.
F2) Problemas com a leitura do aparelho ou a influência de quem faz a medida
F3) Problemas com a previsão teórica ou com o modelo adotado.
F4) Influências e fatores não previstos quando erram algum cálculo.
F5) Afirmam que resultados concordam com o esperado ou que “deu certo” mesmo que os dados mostrem o contrário.

Sintetizando os resultados, de acordo com as interpretações realizadas, poderíamos agrupar as categorias em três blocos.

Um primeiro diz respeito a uma atribuição de ideias oriundas do campo cotidiano diretamente para as atividades no laboratório (Categoria E).

Um segundo bloco é composto pelas categorias onde estão, majoritariamente, frases em que é feita uma relação explícita com um valor teórico de referência (Categorias C, D e F). Nesses casos, esse valor é usado como uma referência absoluta, e os problemas relacionados à não obtenção desse valor experimentalmente são atribuídos aos processos de medição, seja ao sujeito que mede, seja aos aparelhos ou procedimentos utilizados. Entendemos que isso se deve em parte pela consideração de que as teorias científicas são retratos prontos e diretos do mundo (uma representação completa de fenômenos), o que é semelhante a concepções que se têm sobre o campo cotidiano, que trata o mundo como dado e pronto. Não é levado em consideração que nossas formas de compreender o mundo (como as teorias científicas) são construídas, da mesma maneira que não é levado em consideração esse componente construído na realidade do dia a dia.

Um terceiro bloco diz respeito às categorias que reúnem as frases oriundas majoritariamente de experimentos onde o valor teórico de referência não ocupou necessariamente um papel central e eram feitas considerações sobre questões relacionadas a flutuação e incertezas (Categorias A e B). Aqui o foco estava primordialmente nos valores experimentais obtidos e, nesses casos, havia uma busca pela determinação de um valor exato e determinado da grandeza

medida, tal como são determinadas as características dos objetos do cotidiano.

Em certo sentido, muitas das concepções apresentadas pelos estudantes também podem ser relacionadas a uma imagem inadequada da ciência e da atividade científica. Harres (1999) fez uma síntese de pesquisas em concepções sobre a Natureza da Ciência e cita o trabalho de Ledermann (1992 apud Harres, 1999) que revisa mais de vinte outros trabalhos relacionados com essas concepções em estudantes. Esses trabalhos afirmam que entre as concepções inadequadas mais comumente encontradas em estudantes estão, entre outras, a consideração do conhecimento científico como absoluto e uma incompreensão da relação entre experiências, modelos e teorias. Apesar desse não ter sido o foco da nossa análise, foi possível notar que essas concepções também aparecem em algumas das frases que analisamos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O laboratório didático de Física coloca desafios para todos, tanto para professores que ministram as disciplinas que os utilizam, quanto para os estudantes que cursam essas disciplinas. É um elemento importante na formação em Física. No entanto, a aprendizagem nesse espaço está sujeita a certas limitações e ambiguidades, e nos trabalhos dos estudantes encontram-se evidências de um conhecimento inadequado se comparado à forma científica de expressá-los.

Frente a esses resultados inadequados e procurando compreendê-los, nos propusemos a realizar a presente pesquisa, levantando algumas dessas dificuldades e buscando interpretá-las à luz de um quadro teórico que entendemos ser pertinente dentro da hipótese que levantamos (Schutz, 1974; Berger e Luckmann, 2005). Assim, consideramos que dificuldades dos estudantes 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., podem ser interpretadas por meio de considerações teóricas que tratam da existência de diferentes campos de realidade, e que os estudantes fazem uma transposição de conceituações do campo cotidiano para o campo científico quando realizam experimentos didáticos e interpretam os resultados obtidos. Nessa transposição, as conceituações cotidianas não chegam a estabelecer um significado para esses resultados que seja coerente com o campo da ciência.

Um aspecto a ser levado em consideração em nossa análise, relativo à disciplina de laboratório de onde tiramos nossos dados, é que as interpretações dos resultados obtidos no laboratório, realizadas pelos estudantes, eram feitas fora do horário da disciplina, ou seja, em um momento em que eles não contavam mais com uma interação com o professor. E na ausência de uma interação mais efetiva visando a construção conjunta de significados, é razoável considerar que os estudantes utilizem conceituações cotidianas, já consolidadas e em certo sentido dominantes. As interações auxiliariam na percepção de que o uso de algumas dessas conceituações pode não ser adequado.

De um modo geral, os estudantes possuem critérios de determinação de realidade adquiridos socialmente e, como

as demais pessoas, tratam a realidade cotidiana como algo pronto e independente de sua ação, mesmo com esse campo de realidade possuindo também um aspecto construído (Berger e Luckmann, 2005). Cabe aqui fazer uma consideração em relação à distinção entre a ação de um único indivíduo e a totalidade dos homens. Enquanto o primeiro ao nascer chega a um mundo já formado, o conjunto dos homens é que é responsável, coletivamente e ao longo dos anos, de forma ativa na construção das coisas.

Entendemos que o laboratório didático, além de introduzir procedimentos de medida e de tratamento de dados, pode permitir que os estudantes adquiram conhecimentos conceituais e epistemológicos para uma compreensão mais adequada das teorias e dos modelos da Física, bem como da relação destes com os dados empíricos. Essas teorias e modelos não devem ser tratadas unicamente como descrição da realidade, somente verificadas no laboratório didático, mas podem ser entendidas como instrumentos de leitura do mundo, sob a ótica da ciência, nas formas do campo de realidade por ela definido. E a adequação ou não dessa forma de leitura do mundo possui como critério fundamental a atividade experimental e a análise das incertezas experimentais.

## REFERÊNCIAS

- Barolli, E.; Laburú, C.E.; Guridi, V.M. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 88-110.
- Berger, P.; Luckmann, T. (2005). *A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento*. 25.ed. Petrópolis: Vozes.
- Bodgan, R.; Biklen, S. (1999). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Borges, A.T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Buffler, A.; Allie, S., Lubben, F.; Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156.
- Chalmers, A.F. (1993). *O que é ciência afinal?* 2.ed. São Paulo: Brasiliense.
- Coelho, S.M.; Séré, M.G. (1998). Pupils' reasoning and practice during hands-on activities in the measurement phase. *Research in Science and Technological Education*, 16(1), 79-96.
- Cudmani, L.C.; Sandoval, J.S. (1991). Modelo Físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para a aprendizagem. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8(3), 193-204.
- Duarte Jr., J.F. (1988). *O que é realidade*. São Paulo: Brasiliense.
- Harres, J.B.S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(3), 197-211.
- Helene, O.; Tsai, S.P.; Teixeira, R.R.P. (1991). O que é uma medida? *Revista de Ensino de Física*, 13, 12-29.
- Laburú, C.E. e Barros, M. (2009). Problemas com a Compreensão de Estudantes em Medição: Razões para a Formação do Paradigma Pontual. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 151-162.
- Lima Junior, P. e Silveira, F.L. (2011). Sobre as incertezas do tipo A e B e sua propagação sem derivadas: uma contribuição para a incorporação da metrologia contemporânea aos laboratórios de física básica superior. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(2), 1-6.
- Lubben, F.; R. Millar. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.
- Marineli, F. (2007). *Uma Interpretação para as dificuldades enfrentadas pelos estudantes num laboratório didático de Física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: Modalidade Física). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Marineli, F. e Pacca, J.L.A. (2006). Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(4), 497-505.
- Marineli, F.; Oliveira, M.C.; Guimarães-Filho, Z.O. e Pacca, J.L.A. (2003). Uma interpretação para os erros nas representações das medidas realizadas no laboratório didático. *Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Curitiba: CEFET-PR, 1915-1930.
- Martins, I.; Ogborn, J.; Kress, G. (1999). Explicando uma explicação. *Ensaio*, 1(1), 29-46.
- Medeiros, A.F. (1995). *Análise das Dificuldades dos Alunos num Curso Introdutório de Laboratório de Física para Engenheiros na Paraíba*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: Modalidade Física). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Medeiros, A.F. e Melo, A.S. (1996). O Papel da Teoria de Erros no Laboratório Didático de Física. *Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*. UFMG. Belo Horizonte, 642-651.
- Pietrocola, M. (2001). Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: \_\_\_\_ (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 9-32.
- Schmidt, I.P. (1996). *O que há por trás do laboratório didático?* Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: Modalidade Física). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Schutz, A. (1974). Sobre las realidades múltiples. In: *El Problema de la Realidad Social*. Buenos Aires: Amorrortu, 197-238.
- Séré, M.G.; Journeaux, R.; Larcher, C. (1993). Learning the Statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15(4), 424-438.
- Vuolo, J.H. (1996). *Fundamentos da Teoria de Erros*. 2ª ed. São Paulo: Blucher.

## Apêndice

### Descrição sucinta das atividades experimentais realizadas

#### *Atividade 1 – Teste do “bêbado”*

Nesta atividade, feita em duplas, era medido o “tempo de reação” de uma pessoa (que seria maior em uma pessoa bêbada), o que foi usado como motivação para a introdução de alguns procedimentos de medição e análise de dados. Um dos alunos da dupla deveria segurar uma régua na vertical pela sua extremidade superior, colocando o início da escala (extremidade inferior) entre os dedos indicador e polegar, quase fechados, do outro aluno, que deveria tomar o cuidado de não encostar na régua. Após isso, sem avisar nem dar qualquer sinal, a régua seria solta e o aluno em teste deveria pegá-la. Media-se a distância percorrida pela régua entre o primeiro aluno soltar e o segundo pegar e então se convertia essa distância em tempo de queda, que seria o tempo de reação da pessoa em teste. De posse desses dados, era pedido para os alunos calcularem a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média dos valores obtidos. No caso do tempo, era sugerida uma outra forma de se calcular o desvio padrão e era solicitado que esse resultado fosse comparado com o do cálculo obtido anteriormente.

#### *Atividade 2 – Introdução a medidas físicas (determinação da densidade de um sólido)*

Nesse experimento era solicitado que fossem medidas as dimensões de uma peça utilizando três instrumentos diferentes (régua, paquímetro e micrômetro). Além disso, era necessário pesá-la e, de posse desses dados, determinar a densidade do material da peça. Todos os valores deveriam estar acompanhados de suas respectivas incertezas. Após isso, era solicitado que fossem feitas algumas discussões que diziam respeito aos resultados obtidos, à adequação dos instrumentos de medida utilizados e à validade desse método de determinação de densidades e de identificação do material que era feita a peça.

#### *Atividade 3 – Pêndulo físico*

Nessa atividade deveria ser determinado experimentalmente o período de oscilação de um pêndulo físico, comparando-se os resultados obtidos por meio de dois métodos de medida: um utilizando um microcomputador controlado por um contato elétrico e outro utilizando um cronômetro manual. Para facilitar a obtenção do período com o cronômetro, era feita a medição do tempo de algumas oscilações e por meio desse valor encontrava-se o período. Após isso, os resultados obtidos deveriam ser comparados com um terceiro, determinado por meio de um cálculo teórico.

#### *Atividade 4 – A mola espiral*

Nesse experimento os alunos deveriam pendurar diferentes pesos em uma mola espiral que estava presa a um suporte pela sua extremidade superior. Do lado desse arranjo havia uma régua, o que tornava possível a medição da elongação da mola em função da força aplicada a ela. Ao final os alunos deveriam fazer gráficos da energia em função da massa ao quadrado.

#### *Atividade 5 – Movimento de um corpo com atrito viscoso*

Aqui era utilizado um equipamento que formava um “trilho de ar”, possibilitando o estudo do movimento de um corpo em uma situação quase sem atrito. O equipamento era mantido inclinado e da extremidade mais elevada era solto um corpo (puque) que deslizava sem o atrito entre ele e a base em que se movimentava. No corpo era colocado um anteparo formado por uma armação de varetas de madeira e papel de seda (que fica semelhante a uma vela de navio) e a ação da resistência do ar nesse anteparo causava um atrito viscoso. A função do experimento era a de estudar a fase transitória do movimento do corpo sob a ação da força gravitacional (que é constante) e a força de atrito viscoso (que depende da velocidade do corpo). A fase transitória se dá enquanto a força de atrito viscoso é inferior ao componente da força gravitacional na direção do movimento, o que ocorre enquanto não for atingido um certo valor para a velocidade. O movimento do corpo era registrado por meio de faíscas que saíam de uma ponta faiscadora localizada nele, que fazia marcas numa fita localizada ao lado do trilho por onde o corpo se movimentava (as faíscas eram disparadas na mesa frequência da tensão da rede elétrica). Por meio das marcas na fita e de outros parâmetros do arranjo experimental era estudado o movimento do corpo.

#### *Atividade 6 – Pêndulo simples*

O objetivo deste experimento era verificar a conservação da energia mecânica num pêndulo simples. Para isso, o pêndulo era solto de um certo ângulo e a trajetória dele marcada em uma fita – localizada em um suporte abaixo do pêndulo – por meio de faíscas que saíam de uma ponta localizada no corpo suspenso. A fita estava disposta circularmente, como a trajetória do pêndulo. Esse último era solto por meio de um mecanismo que acionava as faíscas no mesmo momento que o soltava. Devido à posição que o pêndulo era solto, poderia haver uma oscilação secundária no ponto onde o corpo era preso no fio, o que poderia causar variações periódicas nas energias do pêndulo. Através dos dados obtidos deveriam ser feitos gráficos e verificado se eles mostravam a conservação da energia.

#### *Atividade 7 – Roda de inércia*

Aqui devia-se verificar a conservação de energia num disco acionado por um peso-motor, conjunto esse chamado de roda de inércia. No caso, o peso-motor era um pequeno corpo de metal, preso a um fio que era enrolado em um disco de acrílico que estava preso a um outro disco de metal de maior diâmetro. Os dois discos eram coaxiais. Soltando-se o peso, os discos começavam a girar e duas aletas presas ao disco maior, diametralmente opostas, passavam por um sensor ótico que registrava o tempo entre duas passagens consecutivas, ou seja, meia volta do disco. Nesse experimento se obtinha dados de velocidade, energia e trabalho e era verificada a conservação da energia.

#### *Atividade 8 – Movimento sob uma força central*

Nesta atividade devia-se verificar a conservação de energia e do momento angular de um corpo em movimento sob ação de uma força central. Para estudar o fenômeno, um corpo deveria ser posto a deslizar em uma superfície quase sem atrito (devido a um colchão de ar existente entre o corpo e a base por onde ele deslizava) após um impulso inicial e sob a ação de uma mola presa nele e em um suporte fixo. Para que a força aplicada no corpo pela mola fosse uma força central, o corpo era lançado de tal forma que sua velocidade inicial era aproximadamente perpendicular à direção da força exercida pela mola. A trajetória do corpo era marcada, por meio de um faiscador, em uma folha de papel localizada acima, paralelamente ao plano do movimento do corpo. Uma parte do trabalho deveria ser feita de forma vetorial, por meio de desenhos de vetores.

**Fábio Marineli**

Possui graduação em Licenciatura em Física (2003) e mestrado em Ensino de Ciências (2007) pela Universidade de São Paulo. É professor adjunto do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, e doutorando do programa de Pós Graduação em Educação da USP (na área de Ensino de Ciências e Matemática).