

Uma Proposta de Estratégia Pedagógica Para Iniciação aos Conceitos de Medição por Avaliação de Dois Métodos Alternativos

ANA CLAUDIA FORÇA¹, CARLOS EDUARDO LABURÚ² e OSMAR HENRIQUE MOURA DA SILVA³

¹Mestranda em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina-PR, Brasil, ana5676@hotmail.com.

²Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina-PR, Brasil, laburu@uel.br.

³Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina-PR, Brasil, osmarh@uel.br.

Resumo. Pesquisas acerca de atividades experimentais que abordam medições apontam que alunos, sejam do ensino médio sejam do universitário, carregam interpretações a respeito de medidas condizentes com o paradigma Pontual que podem comprometer momentos de instruções pedagógicas. Investiga-se uma estratégia pedagógica inspirada na proposta sugerida por Millar em 1987 e que é aplicada à questão da medição. A estratégia partiu da hipótese de que alunos que conhecem de antemão o resultado da medida a ser encontrada em um experimento demonstram comportamentos mais condizentes com os do paradigma de Conjunto. Para testar essa hipótese, submeteram-se, alunos do primeiro ano do ensino médio a experimentos em que eles conheciam e não conheciam o resultado a ser encontrado. Constatou-se que alunos submetidos à estratégia investigada, em comparação com os que não se submeteram a ela, apresentaram comportamentos que confirmam a hipótese, propiciando discussão de noções mais adequadas ao paradigma de Conjunto como de flutuações e incertezas.

Abstract. Research on activities that address experimental measurements indicate that high school or university students have interpretations regarding measures that are consistent with the Punctual paradigm that could be problematic in many moments of pedagogical instructions. The present study, therefore, investigates a pedagogical strategy, inspired by the proposal suggested by Millar in 1987, which we applied to the problem of measurement. The strategy starts on the assumption that students that know beforehand the result of a measurement to be found in an experiment show more consistent behavior of Set paradigm. To test this hypothesis, twenty first year state school students totalize a sample that performed an experimental activity. At the end, it was found that half of students sample submitted to the strategy investigated, in comparison to the other half made up of students who did not submit to it, presented behaviors that support the work hypothesis, providing more adequate discussion of paradigm Set notions of fluctuations and uncertainties.

Palavras-chave: Atividade experimental, física, estratégia pedagógica, conceitos de medição.

Key-words: experimental activity, physics, pedagogical strategy, measuring concepts.

Introdução

As atividades experimentais no ensino de ciências, além de subsidiarem o aprendizado no que se refere à motivação e no entendimento de conteúdos em níveis mais significativos, também auxiliam o desenvolvimento do inquirir científico no que diz respeito às habilidades cognitivas, de atitudes e práticas (LABURÚ, 2005; HODSON, 1994). Isso, obviamente, considerando a dependência que a experimentação, qualitativa ou quantitativa, deva possuir dentro de uma base educacional epistemologicamente clara e bem conduzida (PEDUZZI & PEDUZZI, 2004). Em outras palavras, estratégias de ensino apropriadas são exigidas para a orientação dos raciocínios e ações dos estudantes em atividades experimentais. Tais estratégias são comumente diferenciadas por se fundamentarem ou no conhecido teste de hipóteses ou no emprego de um paradigma, com orientações respectivamente popperiana e kuhniana, ou, ainda, segundo uma orientação indutivista, que atualmente é epistemologicamente criticável.

Com a preocupação de auxiliar reflexões educacionais para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes em lidar com a confrontação entre teoria(s) e evidência, o que implica estabelecer relações entre variáveis, processar dados e utilizá-los para suportar uma conclusão, um recente estudo (LABURÚ et al., 2012) investigou as acurácias das medidas fornecidas por aprendizes em atividades experimentais quantitativas, confrontando duas orientações didáticas distintas. A distinção ocorrida entre elas foi a seguinte. Enquanto em uma orientação se informou previamente os estudantes o valor da grandeza física a ser encontrada no experimento, na outra eles a desconheciam¹. A conclusão dos autores (LABURÚ et al., 2012), apoiados em um tratamento estatístico (teste *t*), foi que estudantes obtêm maior acurácia na medida quando conhecem com antecedência o valor a ser medido em comparação com os que desconhecem. Todavia, limitados a esta conclusão, o trabalho sugeriu que um posterior estudo investigasse a possibilidade de que aprendizes que conhecessem previamente a medida passassem a reconhecer com maior facilidade a existência de erros experimentais (ibid.).

Na intenção de seguir essa sugestão, este estudo investigou as mesmas duas orientações, mas dando enfoque a uma análise qualitativa referente aos comportamentos dos estudantes na atividade experimental empregada e, com isso, procurando também entender os motivos que levam ao aumento da acurácia dos estudantes quando sabem antecipadamente o valor experimental da medida.

Em razão da finalidade analítica da confrontação dos resultados, metodologicamente se separará os integrantes do grupo controle, representados por estudantes submetidos à atividade experimental em que o valor da medida é desconhecido, daqueles do grupo experimental que realizaram as mesmas experiências, mas sabendo de antemão o valor da medida a ser obtida. Esta última orientação constitui-se da estratégia didática que estabelece uma aproximação ou analogia com a proposta de Millar (1987), que tem por objetivo expor um paradigma, de modo que conhecimentos escolares aprendidos cumpram a função paradigmática de orientar as “observações”. Proposta em Laburú et al. (2012), essa orientação faz com que o aprendiz possua uma expectativa do valor da medida a ser encontrada no experimento, em razão de conhecê-la previamente o seu valor, assim guiando-se por ela tal qual um paradigma, conforme Millar (1987). Em relação ao objetivo pedagógico, a proposta corresponde, na essência, à de Millar que a propõe fundamentado na visão kuhniana de que os cientistas quando expostos a um paradigma

¹ A primeira orientação inspirou-se na proposta de Millar (1987), que vem amparada no modelo epistemológico de Kuhn (1977 e 1989) e originalmente sugerida para o professor de ciências como um encaminhamento em atividades experimentais junto aos estudantes. Millar propõe que os raciocínios, ações e observações dos estudantes sejam guiadas em atividades experimentais por paradigmas previamente conhecidos para que teorias ensinadas sejam aplicadas, distinguindo-se de orientações educacionais fundamentadas no teste de hipóteses.

conhecido procuram forçar a natureza dos fatos a se conformarem a ele. Ou seja, os cientistas em vez de lutarem contra os fatos almejam que estes se moldem ao paradigma. Para Millar (ibid.), baseado nessa visão kuhniana, a interpretação dos resultados de um experimento escolar, para ser coerente, deve submeter-se ao domínio e previsão do contexto teórico (paradigma) aprendido pelo estudante antes da realização da atividade experimental. Em analogia com isso, na estratégia proposta em Laburú et al. (2012), determina-se que à luz de uma compreensão teórica prévia, dada por uma expectativa antecipada do resultado, o experimento deva se “ajustar empiricamente” para que seus valores apareçam.

Investigações em ensino de ciências a respeito das atividades experimentais que envolvem mensurações indicam que os estudantes veem para a sala de aula com um conjunto de ideias problemáticas acerca da medição. Estas ideias foram reunidas na literatura no denominado paradigma Pontual, sendo que se encontram diametralmente opostas às ideias científicas sobre o assunto reunidas no chamado paradigma de Conjunto que confronta com aquele (LABURÚ et al., 2010; BUFFLER et al., 2001).

A presente pesquisa parte da hipótese de que estudantes que conhecem previamente o valor da medida a ser encontrada em um experimento tendem a expor mais características comportamentais que favorecem o paradigma de Conjunto, tais como: despender mais tempo na execução e discussão com os pares e professor a respeito dos resultados encontrados; repetir medidas; manusear com mais minúcia os equipamentos; tomar mais cuidado com os cálculos; fazer leituras mais cuidadosas etc. Como veremos, o emprego desta orientação faz com que sejam evidenciadas várias destas características nos estudantes.

Com isso, deseja-se estar contribuindo com outros momentos de instrução mais formais a respeito do tema, e que, em geral, não oportunizam enfrentar de maneira mais adequada as concepções ligadas ao paradigma Pontual.

Para mostrar e esclarecer as colocações acima se apresentam as seções subsequentes: apresentação da perspectiva kuhniana defendida por Millar (1987) para o ensino e que inspira a estratégia a ser aqui investigada; discussões sobre os estudos relacionados à medição em educação científica, caracterizando o paradigma Pontual e de Conjunto; contextualização da pesquisa e seu delineamento metodológico; análise dos dados e, por fim, considerações finais.

Perspectiva kuhniana para o ensino

Millar (1987) contrapõe duas visões díspares em relação ao papel das atividades experimentais no ensino de ciências. Uma dessas visões refere-se à abordagem do laboratório didático como

meio para descobrir e validar teorias científicas, assim como para introduzir os estudantes nos métodos da ciência. Outra entende o laboratório didático como um meio para oportunizar discutir resultados experimentais dentro de um processo de negociação de significados. O autor desfere críticas à imagem popular da ciência que presume os conhecimentos como sendo descobertos no laboratório através de experimentos escolares que lhes garante validade, fidedignidade e confiança, sendo guiados por estratégias de ensino por descoberta ou hipotético-dedutivas. Essa imagem é criticada por ele em razão dos resultados incertos gerados pelos experimentos. Millar questiona também se uma demonstração particular de certo fenômeno realmente deixa claro o assunto ou é capaz de ajudar o aprendiz a construir significados. Em analogia à epistemológica kuhniana, Millar defende que realizar um experimento escolar é expor um paradigma e não descobrir um conhecimento ou testar hipóteses (KUHN, 1989, p. 114). Segundo esse referencial, são criticáveis as concepções comumente aceitas de que os dados numéricos confirmem ou sirvam para indutivamente obter as teorias científicas (ibid., p. 229), uma vez que a concordância entre teoria e experimento sugere apenas uma concordância razoável, devido a todas as aproximações que o paradigma faz e em razão dos erros experimentais. Em outras palavras, a aplicação de uma teoria física implica sempre em alguma aproximação, e de antemão não se espera que ela produza resultados totalmente precisos ou exatos, há somente uma conciliação razoável com os dados (ibid., p. 229 e 231) e dentro das incertezas experimentais.

Para Kuhn, muita teoria é necessária antes de os resultados da medição obterem sentido. Afirma até mesmo que no momento em que toda teoria está disponível, a lei muito provavelmente já foi conjecturada sem que se tenha recorrido à medição (ibid., p. 247). Daí que a teoria tem papel importante na redução da dispersão dos dados (ibid., p. 241) e os cientistas buscam forçar a própria natureza a se conformar com a teoria, em vez de lutar contra os fatos, visto acreditarem nela. Há sempre um conhecimento prévio das leis da natureza, entendendo-se que elas dificilmente são arquitetadas apenas por inspeção dos resultados de medições feitas, visto que as medidas apresentam grandes dúvidas e incertezas. Por vezes, há a necessidade de os resultados numéricos serem aprimorados por meio do requinte de técnicas e instrumentos que, inclusive, precisam ser ainda inventados (ibid.). Nesses casos, é a teoria que leva ao refinamento das técnicas, inventos e aproximações teóricas (ibid., p. 239 e 244). Caso isolados de um paradigma originários da análise de dados são raros, pois eles agregam ambiguidades. Leis empíricas como de Hooke ou Boyle-Mariotte são descobertas improváveis, diz ele. Em contrapartida a isso, Kuhn defende que toda medição depende de um paradigma que a guie, pois, assim, é possível o cientista se orientar na tomada de decisão de como medir, do que medir e, às vezes, de qual valor

numérico obter. No entanto, em função das medidas, o refinamento do paradigma recai no aprimoramento das técnicas, no aperfeiçoamento ou elaboração de instrumentos e nas aproximações teóricas. A consequência disto é de que as medidas são geradoras de crise do paradigma, determinando a escolha entre teorias (ibid., p. 258).

Assim como para Kuhn (ibid., p. 232) o treinamento do cientista envolve aprender um paradigma e solucionar problemas “exemplares”, uma solução teórica ou experimental, ou mesmo um esquema ou aplicação, para Millar os experimentos escolares de ciências também deveriam ser utilizados como implicações de paradigmas (MILLAR, 1987, p. 114). Baseado em Kuhn, esse último autor lembra que a existência de desacordos a respeito dos significados e interpretações da evidência é uma condição normal da ciência e da dificuldade em extrair um conhecimento da natureza. De maneira geral, após uma intensiva discussão pela comunidade científica é que se obtém o assentimento de tal conhecimento. Por comparação com isso, Millar entende existir a necessidade de priorizar e dedicar um maior tempo para negociar, discernir e avaliar os resultados de um experimento escolar frente à teoria ensinada, em vez de consumir excessivo tempo na execução da atividade empírica (ibid., p. 115). Uma maneira de observar se um aprendiz efetuou corretamente um experimento é inspecionar se os seus resultados obtidos estão em consonância com o esperado da teoria aprendida.²

Por fim, desta perspectiva kuhniana de ensino de Millar (ibid.), em que a interpretação dos resultados de um experimento deve submeter-se ao domínio e previsão do contexto teórico aprendido pelo estudante antes da atividade experimental, permite-se compreender a inspiração da orientação educacional aqui proposta e que se baseia na analogia de que à luz de uma “compreensão teórica”, no caso, “saber o resultado a ser medido”, as ações dos aprendizes devem se direcionar para que o experimento tenda a se ajustar para os valores desejados.

Medição na educação científica: paradigma Pontual e de Conjunto

Até meados dos anos 90, poucos pesquisadores direcionaram suas atenções ao contexto da medição em educação científica (LABURÚ & BARROS, 2009, p. 152). Estudos seminais a respeito desse assunto divulgaram que o denominado aspecto procedimental dos experimentos quantitativos, que reúne a coleta, o procedimento e a comparação de medidas, atrelado à competência em interpretar os resultados e usá-los para suportar uma conclusão, apresenta-se de

² Hodson (1994) compartilha da ideia de Millar quando diz que o principal objetivo do ensino de ciências é fazer com que os alunos aprendam as teorias vigentes e saibam aplicá-las de maneira adequada aos fenômenos. Nessa perspectiva, o trabalho de laboratório na escola deveria, na maior parte do tempo, concentrar-se na aplicação da teoria, o que Gil Pérez (1986) entende como uma perspectiva baseada na ciência normal de Kuhn.

grande dificuldade para os adolescentes e universitários iniciantes (BUFFLER et al., 2001; KIRSCHNER, 1992; COELHO, 1993; JOURNEAUX & SÉRÉ, 1994; LUBBEN & MILLAR, 1996; ALLIE et al., 1998). Dentre estes estudos o de Buffler et al. (2001) destaca-se por reunir as diferentes e recalcitrantes representações dos estudantes encontradas nos diversos estudos, congregando-as no denominado paradigma Pontual.

Em relação ao que pensam os estudantes a respeito da medição, Lubben e Millar (1996, p. 956) verificaram que muitos estudantes realizam observações ou fazem medições sem estarem aparentemente conscientes de que existem incertezas associadas ao processo de medida ou que precisam ser capazes de defender os seus dados como confiáveis, apesar das incertezas³. Para estudantes na faixa dos onze aos treze anos de idade, Cauzinille-Marmeche et al. (1985) resumiram as principais e mais comuns formas de entendimento, quais sejam: repetir o experimento é desnecessário por se esperar um resultado igual ao primeiro obtido (p. 206); um quarto dos sujeitos investigados (p. 207) fica confuso e não chega à conclusão sobre o efeito da variável quando há sobreposição entre alguns dados de duas amostras; a maioria dos estudantes não tem um critério de decisão para comparar um conjunto de dados e alguns se negam a cotejar conjuntos de medidas ou médias por não lhes ter significado (p. 208). Para estudantes na faixa dos quatorze e dezessete anos, Coelho e Séré (apud BUFFLER et al., 2001, p. 1138) concluíram que muitos terminam seus estudos de laboratório com a ideia de que a incerteza fica inteiramente eliminada ao ser realizada uma única medida, e que a relação entre um conjunto de medidas e a incerteza associada pode ser claramente definida. Para iniciantes universitários, Allie et al. (1998) testaram um modelo⁴ que reúne, em oito passos progressivos, os raciocínios comuns em adolescentes quando estes tratam dos aspectos referentes à coleta, processamento e comparação de dados⁵. Segundo Lubben e Millar (1996), os estudantes investigados entenderam a importância da dispersão dos dados numa série, quando comparada à outra. Em geral, eles escolheram a série mais estreita, mas se as médias forem iguais, a confiança nas séries independe

³ Em decorrência disto, conclusões extraídas equivocam-se mais facilmente em razão do fraco suporte dos dados obtidos.

⁴ Elaborado por Lubben e Millar (1996, p. 957).

⁵ O primeiro aspecto concentra-se na identificação dos propósitos dos estudantes para realizar várias medidas de uma mesma quantidade. O segundo aspecto procura entender como os estudantes atuam frente a um conjunto de valores de uma amostra, como ajustam uma reta em uma distribuição de pontos, se calculam a média, se têm percepção da dispersão das medidas, se identificam e como agem em relação a uma anomalia presente numa coleção de dados. O terceiro aspecto analisa como os estudantes cotejam duas ou mais amostras de mesma quantidade de dados, observando se há compatibilidade e qualidade relativas entre elas. Para isso, devem considerar as médias e as incertezas das amostras na condição em que não se fornece explicitamente os valores de tais incertezas, podendo ser apenas estimadas pelos dados. No caso, analisaram-se situações em que se comparam duas amostras de mesmas médias com diferentes dispersões, assim como amostras com médias diferentes com mesmas dispersões (em ambas as situações a média de uma amostra encontra-se inserida no grupo de dados da outra). (LABURÚ & BARROS, 2009, p. 155)

da dispersão dos dados (ibid., p. 962). Entretanto, cerca de vinte por cento dos respondentes reconheceram nos dados mais espalhados uma maior confiança (ibid., p. 963).

Por sua vez, Buffler et al. (2001) pesquisaram a possibilidade em que duas amostras apresentam médias que não se inserem dentro do conjunto de dados uma da outra, ainda que exista uma sobreposição nas dispersões dos dados. Esses autores (ibid.) reuniram seus resultados com os de Lubben & Millar (1996) num modelo-síntese denominado paradigma Pontual e de Conjunto. Essas designações mantêm paralelo com o conceito kuhniano de paradigma (KUHN, 1989) e pretendem conotar um grupo de crenças, valores, técnicas etc., compartilhados pelos alunos quando ponderam sobre a medição.

O paradigma Pontual congrega os raciocínios que levam à compreensão de que apenas uma única medida é suficiente para a realização de um experimento que apresente erros aleatórios, pois se imagina que há um e somente um verdadeiro valor a ser encontrado, não existindo a necessidade de se obter outros resultados. Em síntese, o verdadeiro valor de uma medição é compreendido como devendo ser expresso por um único número. Isto porque, quando adquirida a medida numa atividade prática, ela é considerada independente de quaisquer outras obtidas, sendo cada uma autossuficiente para se tomar decisões, não precisando, em razão disso, as medidas serem combinadas de maneira alguma umas com as outras. Assim, a medição é concebida como tendo um único valor, em vez de pertencer a um intervalo de possíveis valores. Se uma série de medições é feita, as decisões subsequentes são tomadas somente com base em reflexões particulares, tais como: seleção do valor recorrente; posição numa tabela (extremos ou equidistantes); comparação feita valor a valor etc. Segue disto a falta de sentido em tirar médias numa amostra e, por conseguinte, de determinar a sua correspondente incerteza. Fundamentalmente, o que está por detrás do paradigma Pontual é uma inerente concepção de que em toda atividade empírica inexitem erros experimentais, uma vez que qualquer medição deve fornecer uma medida exata e única.

Em oposição, o paradigma de Conjunto é caracterizado pela noção de que uma grandeza física experimental só pode ser determinada por meio de um valor numérico resultante de uma reunião de dados experimentais. Do ponto de vista da teoria de erros, admite-se que exista um “valor verdadeiro ou valor alvo” (VUOLO, 1992, p. 38) bem definido para toda grandeza física experimental que pode ser caracterizado por meio de um modelo do fenômeno físico. Ocorre que esse valor é sempre desconhecido, pois fatalmente existem erros experimentais inevitáveis quando se realiza uma medição. Por melhores que sejam os métodos e os instrumentos de medida, o valor encontrado para a grandeza física será, em qualquer ocasião, uma aproximação do valor alvo, ainda que evidentemente esse valor seja o objetivo final de um processo de medição de uma grandeza física experimental (ibid.). Assim, faz-se necessário um número de

medidas para formar uma distribuição que congregue certos valores particulares. Essencialmente, após se medir determinada grandeza física deve-se obter uma estimativa do espalhamento numérico do seu valor para avaliar quão adequada é a grandeza. Para isso, precisa-se indicar uma estimativa de quão afastado o resultado pode estar do valor verdadeiro (HELENE & VANIN, 1981, p.15).

Desse entendimento, em havendo somente erro estatístico, a melhor informação para representar o valor alvo é obtida pela combinação do maior número de medidas possível. No caso de uma coleção de dados, o valor médio é a melhor estimativa do valor verdadeiro de uma medida. Ademais, a estimativa de quão longe se encontra essa média do alvo é dada pelo desvio padrão da média (ibid., p. 17).

Metodologia

Os paradigmas de Buffler et al. (2001) caracterizados na seção anterior foram utilizados para interpretar e classificar as ações e raciocínios dos estudantes durante as medições realizadas nas duas estratégias aqui comparadas. A única distinção entre elas foi que em uma informou-se previamente os estudantes o valor da grandeza física a ser encontrada no experimento, enquanto na outra eles permaneceram desconhecendo esse valor durante todo o experimento. Na comparação entre essas estratégias, focou-se na análise qualitativa dos comportamentos dos estudantes durante a atividade experimental, buscando confrontar os seguintes pontos: tempo de execução e discussão com os pares e professora a respeito dos resultados encontrados; repetição de medidas; atenção no manuseio do equipamento e cuidado na realização das medidas. A razão para determinação desses comportamentos segue a sugestão de Laburú et al. (2012) que procura observar se tais comportamentos são favorecidos quando o valor da medida é conhecida. Isto porque, no momento em que os estudantes conhecem a medida, tendem a se preocupar em reproduzi-la frente aos que a desconhecem, sendo que para estes últimos qualquer medida obtida é considerada válida, mesmo que tenha havido pouca acuidade, algum engano grosseiro ou quaisquer outros problemas em sua determinação.

A amostra contou com vinte alunos do primeiro ano do ensino médio de um colégio estadual da cidade de Colorado – PR, organizados em duas turmas de dez, uma formando um grupo experimental (GE) e outra um grupo controle (GC), cada qual com cinco subgrupos de dois integrantes cada, codificados de GE1, GE2,... GE5 e GC1, e GC2,... GC5. Os estudantes submetidos à atividade experimental com valor de medida desconhecido integraram o grupo

controle (GC) e o grupo experimental (GE) constituiu-se por aqueles que realizaram as experiências já sabendo o valor da medida a ser obtida.

Foram realizados três encontros no laboratório do colégio com duração de aproximadamente duas horas e meia cada um. Ambos os grupos de alunos realizaram a mesma atividade experimental: determinar a densidade de um óleo de soja de cozinha, utilizando um béquer de 600 ml, um tubo de vidro para colocar o óleo e uma balança de precisão de décimos de grama. Antes de iniciar a atividade, os subgrupos foram igualmente instruídos a respeito de como utilizar a balança, medir o volume do óleo e calcular a densidade através da expressão $d = m/V$. Apenas os GEs foram informados do valor tabelado da densidade do óleo ($\mu = 0,9166\text{g/ml}$).

A atividade experimental foi videogravada e as falas dos alunos, durante a sua realização, transcritas e analisadas. Essas falas eram divididas quando havia interrupção ou uma nova enunciação se iniciasse. Na análise, as falas dos alunos (especificados em cada subgrupo por A1 e A2) e da professora (P) foram colocadas entre aspas e em itálico. Nas falas entre parênteses e de forma não itálica aparecem termos ou comentários do pesquisador na intenção de aumentar o entendimento do que fora transcrito. Vale mencionar que uma nova medida foi assim considerada toda vez que os alunos alteravam a massa ou o volume do óleo ao realizarem novos cálculos, sem necessariamente trocarem o conjunto óleo mais béquer. Ao final da análise uma discussão geral dos resultados é apresentada.

Análise dos dados

Comparando os resultados ilustrados na tabela abaixo dos dez subgrupos, conclui-se que, em média, os integrantes do GE despenderam mais tempo para a realização da atividade experimental, com mais repetições do processo de coleta das medidas, que os integrantes do GC. Isto se justifica por um conjunto de comportamentos apresentados pelos GEs que não foram identificados nos GCs, como maior cautela ao repetir a coleta da medida, maior número de diálogos e reflexões a respeito dos procedimentos efetuados e dos resultados obtidos, conforme análise que se segue.

Grupo de Controle	Quantidade de Medição	Tempo gasto	Grupo de Experimental	Quantidade de Medição	Tempo gasto
GC1	1	9'17''	GE1	9	52'33''
GC2	1	10'15''	GE2	12	67'20''
GC3	2	22'33''	GE3	1	10'24''
GC4	1	10'25''	GE4	2	16'36''
GC5	1	9'40''	GE5	6	39'54''
MÉDIA	1,2	12'26''	MÉDIA	6	37'28''

Tabela – Quantidade de medição e tempo gasto dos GCs e GEs.

Em comparação com os GEs os diálogos estabelecidos entre os alunos dos GCs centraram-se muito mais em como utilizar o material e realizar os cálculos, não se podendo destacar reflexões a respeito dos procedimentos e resultados encontrados. Os alunos do GC1 realizaram apenas uma medição para declararem o valor da densidade do óleo encontrado: “0,9 g/ml” (A1). Quando questionados pela professora (“*Vocês estão satisfeitos com esse valor? Confiam nesse valor?*”), eles disseram: “*Acredito que sim*”. E declararam concluído o processo de medição logo após obterem o valor de uma única medida (“*Concluíram sua medição?*” (P). “*Sim*”(A1 e A2)). Comportamento semelhante foi observado nos estudantes do GC2 (que diretamente forneceram o valor de “0,939”) e nos estudantes do GC4, ao serem questionados pela professora acerca do valor encontrado. No caso, estes últimos responderam: “0,8” (A2) e “... 0,8776 é o valor da densidade mais certo aqui da calculadora professora... só isso professora?” (A1). Para estes alunos do GC2 e GC4 notou-se que o processo de medição estava concluído. Os alunos do GC5 também declararam o valor para a densidade do óleo com apenas uma medição e questionaram: “*É só isso Professora?*” (A1). Logo após, levantaram dos bancos em que estavam sentados, dando por encerrada a atividade. Esses comportamentos observados, representativos da maioria dos integrantes do grupo controle, constituído por metade da amostra investigada, condizem com os esperados do paradigma Pontual. Já os alunos do GC3 obtiveram duas medidas mostrando discórdia na decisão entre elas. Quando questionados se estavam satisfeitos com o primeiro valor (“*Deu 0,9033*” (A2,)), A1 manifestou-se: “*Pode medir para verificar de novo?*”. Dessa conduta adotada por eles (“*Tá... repete pra gente ver*” (A2)), em verificar a ocorrência desse valor para melhor comprová-lo, típica do paradigma Pontual, demonstraram-se surpresos ao concluírem o

cálculo da segunda medida (“*Nossa, agora deu menor (0,877) (A1)*”). Diante do problema, cada um optou por um valor, em que A1 alegou que o erro estava na primeira medida por tê-la realizada com um excesso de óleo, enquanto A2 defendeu o contrário. Por fim, percebeu-se que A2 mostrou-se mais contundente em sua decisão (“*Eu continuo com essa daqui*”), ficando A1 por aceitar a decisão do parceiro e declarar que o valor para a densidade do óleo era o da primeira medida. Foi notado que, embora poucos, os diálogos restringiram-se a como realizar os cálculos e a obter esclarecimentos de como operar a balança.

Os estudantes do GE1 realizaram nove medidas. Na expectativa de encontrarem o valor fornecido, mostraram-se insatisfeitos com o primeiro resultado obtido (“... *Ah... 0,888... ficou bem longe hein!*” (A1). “... *é verdade*” (concordando A2)) e assim refletiram sobre o ocorrido: “*Ah, eu acho que (o erro) foi na hora de medir, eu acho! O volume do óleo... será? Acho que na hora de medir não fica totalmente em cima do zero*” (A1). Essa insatisfação propiciou a repetição da medição, com a preocupação de realizar uma mínima alteração do volume do óleo em relação à graduação do Becker, em que obtiveram o valor de 0,90875 na segunda medida (“*Agora aproximou mais um pouco. Deu 0,90875*” (A1)). Verifica-se que o reconhecimento de um melhor resultado, unido à típica indagação da professora na situação (“*Vocês estão satisfeitas com esse resultado? Concordam?*” (P)), despertou interesse para se aperfeiçoasse o resultado com um novo ajuste. Assim dialogaram: “*Ainda, aí acho que não professora... mede você ali na balança para ver, utilizando o mesmo material, e coloca uma gota de óleo só pra gente ver*” (A1). As tentativas prosseguiram com medidas de 0,909 (“*Ainda tá muito longe*” (A1)) e 0,92 (“*Tá vendo, agora você passou*” (A2)), nas respectivas terceira e quarta repetições. Nessa altura, diante da indagação da professora (“*Vocês parariam aqui suas medições? O que fariam?*”) A1 respondeu: “*Ah, eu mediria de novo, mais direitinho. Começaria tudo de novo sem o óleo e com, tudo de novo*”. Esses comportamentos revelam que o conhecimento antecipado do valor da medida conduziu os estudantes a estarem mais atentos na busca de melhorar o resultado experimental nos procedimentos que julgaram necessários refazer, e que ficam evidentes também nos pronunciamentos que se seguem: “*Não... pode medir. Aí mede esse aí certinho, tenta ver o máximo possível lá*” (A1); “*Esse aí já passou do outro. Certinho. Vê lá. Tá em ‘ciminha’*” (A2); “*Está... vem daqui para você ver*” (A1). Aliás, vê-se que essa persistência nas repetições permitiu que eles explorassem melhor a noção da existência de erros inerentes ao processo de medição, como, por exemplo: “... *Ah, passou*” (A1); “*Quanto deu?*” (P); “*0,930*” (A2); “*Tá vendo como é a medida, toda hora muda na balança*” (A1). “*A medida que vocês acharam? Da balança?*” (P). “*É porque o valor toda hora muda*” (A2); “*Eu acho que passou bem pouquinho. Mas passou. Mas pode ser aqui também, sem o óleo, a medida que a gente tá vendo errado?*”(A1); “*Vê certinho*” (A1); “...*Retira (o óleo) com a caneta pra não colocar*

muito. Calma aí.? Acho que não está não, olha aí. Deixa eu ver mais um” (A1 A1). Por fim, acabaram por processar a quarta medida (0,92) para a densidade do óleo, selecionando-a, por influência do valor alvo, por ser a medida procurada.

Os alunos do GE2 totalizaram doze medidas, que foram desencadeadas pela sensação do valor inesperado da primeira (0,8813333) ao dizerem: *“Aí deu meio estranho” (A1,); “Eu também acho que tá errado isso aí” (A2); “Eu acho que tá meio estranho essa medida aqui” (A1).* A estranheza encontrada na comparação da dízima periódica com o valor teórico conduziu os estudantes a fazerem medições com resultados que os levaram a selecionar⁶ a medida de 0,911 (*“Ah, vamos deixar esse valor 0,911” (A2); “0,913 mais pertinho” (A1); “Vamos deixar 0,911” (A2).* Este subgrupo, que apresenta na tabela o maior tempo de execução da tarefa juntamente com a maior quantidade de medidas realizadas, destacou-se por apresentar maior envolvimento no manuseio cuidadoso do experimento e discussões. Entretanto, coerentes com seus raciocínios prévios do paradigma pontual, duas reflexões observadas durante a atividade foram constatadas: exclusão de medidas por entendê-las como inadequadas devido à imperícia do experimentador (*“Repete de novo porque essa daqui (medição) foi mal feita” (A2)*); seleção do resultado mais próximo do valor alvo (*“Deu certo com esse mais perto (o de 0,911)” (A1)*). Todavia, frente a uma variedade de tentativas que não alcançaram o fim desejado por eles, isto é, obtenção do valor experimental exatamente igual ao valor fornecido, comprova-se, como fruto da estratégia, o surgimento do comportamento de manipulação do dado⁷ (*“Vê direito aí (na faixa graduada) que eu to tirando mais óleo ainda” (A1)*). Como o Becker de 1000ml empregado caracterizava-se com uma graduação de baixa precisão, estes estudantes se viram tentados a retirar o máximo de óleo possível dentro da marca determinada, diminuindo, assim, a massa indicada na balança e melhorando a acurácia do valor calculado. Esse tipo de conduta, em que passaram a refletir sobre suas atitudes, surgiu em diferentes momentos para explicar o que estaria influenciando os resultados das medidas, como, por exemplo: *“Acho que nós colocamos óleo a mais. Poderíamos diminuir o óleo para 350” (A1); “Eu acho que é a massa do béquer” (A1); “Eu acho agora que é a massa do óleo mais o béquer. Temos que diminuir” (A1); “O óleo eu acho que não é. A massa do béquer talvez, porque a gente mudou já uma vez e um estava com um peso e o outro com outro e os dois são de 500 ml” (A2).* *“... agora já sujou em volta, vamos ter que trocar novamente o béquer” (A1); “Vamos trocar novamente, tirar a medida do béquer novamente” (A2); “...só que a nossa medida está errada aqui, na hora de medir” (A1).* É possível afirmar que esses diálogos e reflexões, gerados tanto pela obrigação dos estudantes alcançarem o valor

⁶ Em que o estudante A2 convence A1 por aproximação ao valor alvo.

⁷ Longe de uma interpretação pejorativa o termo aqui se refere a qualquer procedimento que diagnostica e corrige erros.

alvo, como pela discórdia com os valores inicialmente encontrados experimentalmente, os levaram a se tornarem mais cautelosos à proporção que repetiam as medições, conduzindo-os a fornecer um resultado com maior acurácia.

Os alunos do subgrupo GE3 realizaram apenas uma medição, devido a seguinte razão. De início, inverteram a razão da massa pelo volume, encontrando: “ $d = 1,098901$ ” (A1). Logo após, A2 corrigiu a inversão e declarou o valor de “0,91” (A2). Tal ação somente foi possível devido à referência que os alunos tinham do valor correto, visto existir grande discrepância entre a medida tirada e o valor de referência. Por contraste, essa ação dificilmente ocorreria nos grupos controles, uma vez que qualquer valor obtido seria satisfatório, por falta do que comparar. Embora se possa dizer que eles interpretaram o resultado como um valor aproximado (“*Deu bem o valor aproximado*” (A2)), essa conclusão permite ser utilizada para introduzir o conceito de incerteza experimental que se mantém intrínseca ao processo de medição ao se obter qualquer medida. O subgrupo GE3 exemplifica um caso pouco comum e que, infelizmente, prejudica o emprego da estratégia, pois a primeira medida quase coincide com o valor esperado⁸ (“... *é, fez certinho*” (A1)), conduzindo os alunos a finalizar o processamento com a medida inicial, ação que vai ao encontro do paradigma Pontual.

Quanto aos alunos do subgrupo GE4 duas medidas foram coletadas. Na primeira, obtiveram o valor para a densidade do óleo de 0,876 g/ml e, quando questionados pelo professor se estariam satisfeitos com o resultado, responderam: “*Não... chegou perto. Será que a gente mediu errado?*” (A2); “*Deu aproximado mesmo, achei que ia dar um pouco mais*” (A1). Este comportamento diferenciou-se da maioria daqueles do grupo controle (GC1, GC2, GC4 e GC5) que concluíram o processo de medição a partir da primeira medida e que se submeteram à mesma questão do professor. Isto revela que a estratégia pedagógica do GE possibilitou que esses alunos do GE4 refletissem a respeito do resultado inicialmente encontrado e se sentissem motivados a realizar nova medição de maneira mais cautelosa, conforme elucidado nas falas: “*Mais um pouco, não. Agora deu hein. Vai mais um pouquinho, só mais um pouquinho*; “*Tem que esperar*” (A1). A1 e A2 ao encontrarem a segunda medida, comemoraram, pois julgaram ser o valor mais aproximado do valor verdadeiro (“*‘Urra’, deu 0,913*” (A1)). E quando questionados pela professora se estavam satisfeitos com o resultado, disseram: “*Agora sim professora*” (A1); “*Com esse eu fiquei*”; “*Com esse eu fiquei... 0,913 g/ml. Agora deu certo hein*” (A2). Nota-se que a estratégia permitiu aos alunos do grupo experimental reconhecerem a possibilidade de terem errado na obtenção da primeira medida e, assim, dirigir suas atenções para fatores que poderiam ter influenciado aquele resultado (“*Aumentar a quantidade de óleo ou*

⁸ Que devido ao acaso às vezes coincide.

*o tamanho do Becker*⁹... *medir com atenção*” (A2)), além de processarem a segunda medida com melhor acurácia, como se constata, sendo ela admitida como se observa pela persistência de A1 prosseguir com mais cautela: *“Dessa vez nós medimos com mais atenção”* (A1).

Os alunos do subgrupo GE5 coletaram seis medidas. Uma característica diferenciada desse subgrupo em relação aos outros foi a reflexão acerca de um erro de cálculo ocorrido no início, direcionamento este que a professora se viu obrigada a realizar por meio das perguntas ocorridas: *“Encontraram o valor da densidade? Que valor vocês encontraram?”* (P); *“Sim, 267,6”* (A1 e A2); *“A densidade 267,6. Qual a unidade da medida utilizada?”* (P); *“Foi grama... nós medimos em grama. Grama por ml”* (A1); *“Mas o que vocês me dizem do resultado?”* (P); *“Aquele densidade que está lá é de quantos gramas?”* (A2); *“Aquele valor (o tabelado) é a da densidade do óleo”* (P); *“Então isso que deu a densidade...”* (A1). Na confrontação desse valor com o tabelado, respondeu A1: *“É... (o valor) tá bem fora”*. Imaginando terem se equivocado na anotação da massa do óleo os alunos, então, decidiram repetir a medida. Feito isso, A1 disse estar satisfeito com o segundo valor encontrado após refazerem o cálculo (*“Deu 0,931 aproximadamente... sim (estou satisfeito com esse valor), porque se aproximou mais ou menos do valor que tinha que dar”* (A1)). Embora o novo valor tenha motivado A1 a aceitá-lo devido à boa proximidade em comparação com a grande discrepância do primeiro resultado, viu-se que, especificamente nesse caso, a própria postura baseada no paradigma Pontual que eles carregavam também foi confrontada, desencadeando o questionamento de A2: *“Confiamos nesse valor aqui? Será que não tem nada errado? Não tinha que dar aquele valor ali (o tabelado)?”*. Essa ponderação a respeito do valor encontrado permitiu-lhes admitir a existência de fatores que pudessem influenciar o processo de medição: *“é cálculo ou ter pesado errado alguma coisa, peso”* (A2), e que, por isso, decidiram refazer outra medida (*“Quer refazer?”* (A1)). Desse momento em diante, verifica-se que a postura deles foi de maior cautela, reflexão e diálogo a respeito dos procedimentos adotados, como mostram os comentários: *“O que será que está errado aqui?... O(s) trezentos eu acho que está certo... e se colocasse um pouquinho mais... só mais um pouquinho... agora deu”* (A1); *“Não tem que ser aí ‘óh’... você está marcando no lugar errado... tem que descer mais um pouquinho”* (A2). Nesse sentido, os alunos decidiram repetir algumas vezes o processo de medição, ora trocando o conjunto (béquer+óleo), ora ajustando o volume ou a leitura da balança (*“Eu acho que passou um pouquinho o óleo... tinha que estar em cima da risca... mas passou um pouquinho”* (A2); *“A diferença vai estar aqui... eu acho que passou um pouco... você não acha? Um pouquinho de nada, mas passou. Agora eu acho que está*

⁹ Quando se reflete a respeito da massa do Becker estar influenciando.

certo... Agora sim” (A1). E ao se deparar novamente com um valor que não era igual ao tabelado (“*Deu 0,924*” (A1)), A2 argumentou novamente: “*Tem coisa errada aí... tá errado aí. O óleo está certo, o béquer também pesou certo. Será que não é a balança que está roubando?, concluindo: Não tem como (alcançar exatamente o valor tabelado)*”. Esta última reflexão de A2 exemplifica que a estratégia de fornecer o resultado a ser medido, além de privilegiar o refinamento da medida, tomando mais cautela durante as repetições, estimulou uma primeira tomada de consciência do problema de se obter o valor tabelado, em razão de erros experimentais que não se podem ser eliminados, conflitando, de certa forma, com a exatidão advinda da noção do paradigma Pontual, que os alunos já possuem. Isto pode ser visto quando eles finalizaram o processamento da medição com acurácia por decidirem selecionar a medida com maior proximidade do valor tabelado: “*Colocaria o valor que mais se aproximava.... o que mais se aproximou foi esse aí, porque os outros aqui em cima deu 0,890 (A1)*”; “*O que mais se aproximou foi o último (0,924)... é porque como ali está aproximadamente, o valor exato mesmo não vai dar, é aproximadamente*” (A2). Como é evidente, começa a surgir a ideia fundamental da noção de que a medição não é exata.

Discussão geral dos dados

No grupo controle, como se vê pela tabela, todos os subgrupos, com exceção do GC3, não buscaram repetir a atividade experimental e se mostraram satisfeitos com a primeira e única medida coletada, expondo um conhecido comportamento do paradigma Pontual. No GC3, o ensaio frustrado dos alunos de encontrarem a medida inicial, ao visarem comprová-la na repetição, não acarretou em mais tentativas, podendo-se perceber que a permanência da concepção da medida única e mais a ansiedade de término da tarefa destacaram-se como fatores que influenciaram a disputa para a escolha das medidas. Tal análise indica que a estratégia didática dos alunos desconhecem o resultado experimental do grupo controle fica pedagogicamente prejudicada em instigar ajuizamentos que desencadeiem reflexões acerca dos procedimentos que permitam concentrar a atenção na existência de erros experimentais.

Por comparação com o grupo experimental, todos os subgrupos, com exceção do GE3, repetiram a atividade experimental e revelaram-se insatisfeitos com a primeira medida coletada. Especificamente, GE3 exemplifica o caso mais incomum da primeira medida ser a interpretada pelos estudantes, em conformidade com o paradigma Pontual, devido à coincidência com o valor obtido ter sido aquele por eles esperado e, por isso, aceitaram finalizar o processo de medição na primeira medida. Para os demais subgrupos do GE, ainda que eles tivessem permanecido com concepções do paradigma Pontual, uma vez que o momento instrucional não tinha o objetivo de

mudar essas concepções, puderam-se evidenciar diferenciados comportamentos favoráveis utilizados com essa finalidade: reconhecimento de um melhor resultado alcançado numa medida posterior, estimulando a necessidade de aperfeiçoamento nas medições graças a algum novo ajuste a ser feito; melhor exploração da noção da existência de erros inerentes ao processo de medição, devido à persistência focada nas repetições; maior envolvimento no manuseio dos equipamentos e ponderações acerca das atitudes a proceder, buscando justificativas acerca do que estaria influenciando os resultados das medidas¹⁰; correções de erros de cálculos, percebidos quando, por exemplo, invertem ou trocam as grandezas das expressões ou as unidades.

Assim, todos esses comportamentos são reflexos do uso que a estratégia empregada no GE incita. A virtude de apresentar aos alunos o valor da medida a ser encontrada privilegia o refinamento da medida, permite ter mais prudência durante as repetições na busca do valor desejado, em que o erro experimental não pode ser eliminado, com isso, explicitando, de certa forma, um conflito com a noção de exatidão suportada pelo paradigma Pontual dos estudantes.

Tais reflexões fortalecem que o educador empregue estratégias instrucionais de inclinação kuhinana que busquem a determinação de constantes ou comparação de hipóteses, todas com resultados previamente conhecidos pelo estudante, anterior às estratégias que usem valores desconhecidos, como as de teste de hipóteses ou que estudem possíveis covariações entre grandezas físicas.

Conclusões

A confirmação da hipótese de que os estudantes dos grupos experimentais despendem mais tempo na execução e discussão das atividades entre os pares e com o professor, são mais cautelosos, coletam mais medidas, refletem a respeito dos procedimentos adotados e resultados obtidos, de modo a propiciar momentos adequados para despertar comportamentos que favorecem as ideias pertencentes ao paradigma de Conjunto. Isto mostra a importância da estratégia de ensino que parte da condição do estudante conhecer previamente o valor experimental a ser encontrado. Obviamente que somente por essa estratégia e sem alguma instrução formal dificilmente os alunos chegarão aos conceitos por detrás da teoria dos erros, como, por exemplo, desvio padrão. Todavia, os comportamentos apresentados pelos alunos dos subgrupos experimentais, ao realizarem as atividades, constituem um ponto de partida inicial e

¹⁰ Com exclusão de medidas por entendê-las como inadequadas em razão da imperícia do experimentador, com implicação da seleção do resultado mais próximo do valor alvo.

fundamental na direção da construção do conhecimento científico a respeito de medição, condizente com o paradigma de Conjunto. Conclui-se, em fim, que a proposta de fornecer o valor da medida a obter em um experimento pode ser uma ferramenta pedagógica valiosa para que os alunos comecem a explorar e desenvolver ideias iniciais a respeito de medição, dando-lhes suporte para, em momentos futuros, avançarem na direção da teoria de erros.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao CNPq; Fundação Araucária.

Referências

ALLIE, S., BUFFLER, A. LOVENESS, K., CAMPBELL, B. & LUBBEN, F. First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 4, p. 447-459, 1998.

BUFFLER, A., ALLIE, S., LUBBEN, F. CAMPBELL, B. The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, v. 23, n. 11, p. 1137-1156, 2001.

CAUZINILLE-MARMECHE, E., MEHEUT, M., SÉRÉ, M. G. & WEIL-BARAIS, A. The influence of a priori ideas on the experimental approach. *Science Education*, v. 69, n. 2, p. 201-211, 1985.

COELHO, S. M. *Contribution à l'étude didatique du mesurage en physique dans l'enseignement secondaire: description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique des élèves et des enseignants*. These de Doctorat, Université de Paris. (1993).

GIL-PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

HELENE, O, A. M.; VANIN, V. R. *Tratamento estatístico de dados experimentais em física experimental*. Editora Edgard Blücher Ltda, 2a edição, São Paulo (1981).

HODSON, D. Hacia un Enfoque Más Crítico del Trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

JOURNEAUX, R. SÉRÉ, M. G. Traitement statistique des incertitudes en physique: problèmes scientifiques et didactiques. *European Journal Physics*, v. 15, p. 266-292, 1994.

KANARI, Z. & MILLAR, R. Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 7, p. 748-769, 2004.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology Practical Work and Academic Skills in Science Education. *Science & Education*, v. 1, p. 273-299, 1992. Disponível em: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF00430277>. Último acesso: 26/03/2013.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. Editora Perspectiva, São Paulo (1977).
KUHN, T. S. *A tensão essencial*. Edições 70, Lisboa (1989).

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID127/v10_n2_a2005.pdf. Último acesso: 26/03/2013.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; FORÇA, A. C. Acurácia na retirada da medida instigada por uma estratégia de ensino de orientação kuhniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 2503-6, 2012. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pesquisa.php>. Último acesso: 26/03/2013.

LABURÚ, C. E. & BARROS, M. A. Problemas com a compreensão de estudantes em Medição: razões para a formação do Paradigma Pontual. *Investigações em Ensino de Ciências*, v 14, n. 2, p. 151-162, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idedicao=43>. Último acesso: 26/03/2013.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; SALES, D. R. Superações conceituais de estudantes do ensino médio a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 1. p.: 1402-15 (2010). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pesquisa.php>. Último acesso: 26/03/2013.

LUBBEN, F. & MILLAR, R. Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 8, p. 955-968, 1996.

MILLAR, R. Towards a Role for Experiment in the Science Teaching Laboratory. *Studies in Science Education*, v. 14, p. 109-118, 1987. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03057268708559941#preview>. Último acesso: 26/03/2013.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. (EDITORIAL). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. especial, p. 7-8, 2004. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9898/9232>. Último acesso: 26/03/2013.

VUOLO, J. H. Fundamentos da teoria de erros. *Edgard Blucher Ltda*. São Paulo (1992).

ANA CLÁUDIA FORÇA possui graduação em CIÊNCIAS - HAB. MATEMÁTICA pela Faculdade Estadual de Educação Ciências e Letras de Paranavaí (2001) e graduação em Licenciatura Em FÍSICA pela Universidade do Oeste Paulista (2005). Atualmente é Professora da Rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná nas disciplinas de Matemática e Física, no Colégio Estadual Tereza Cristina em Colorado / PR. Está cursando o Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática na Universidade Estadual de Londrina.

CARLOS EDUARDO LABURÚ possui bacharelado e licenciatura no Instituto de Física pela Universidade de São Paulo, mestrado em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo e

doutorado em Educação pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Associado C do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina e pertence ao programa de Doutorado e Mestrado em Ensino de Ciências/UEL. Tem experiência em Instrumentação para o ensino de física e desenvolve experimentos de baixo custo, cativantes e históricos para o ensino de física e acervos experimentais do Museu de Ciências e Tecnologia e Planetário da UEL. Esteve a frente como coordenador do Planetário de Londrina, do curso de Lato Sensu e vice-coordenação de Strito Sensu. Na área de Educação Científica, com ênfase em Métodos e Técnicas de Ensino, está envolvido nos seguintes temas de pesquisa: orientações epistemológicas aplicadas ao ensino e aprendizagem de ciências; argumentação e pensamento crítico; subjetivismo. Atualmente vem se concentrando na busca de elementos teóricos na área de estudos da semiótica que ajudem a entender a natureza, as causas e os efeitos das dificuldades dos estudantes em dar sentido às representações simbólicas científicas e como superá-las. Também, investiga os problemas de ensino e aprendizagem relacionados à multimodalidade representacional, assim como às atividades experimentais no ensino de ciências, a relação teoria e evidência, a questão da medida, a formulação de hipóteses etc.

OSMAR HENRIQUE MOURA DA SILVA Técnico de Nível Superior Doutor de cargo/função Físico do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina – PR, desde 1999 por meio de concurso público. Graduado em Física (licenciatura) pela UEL (1997), Especialista em Física para o novo ensino médio pela UEL (1998), Mestre em Educação pela UEL (2003), Doutor em Educação para a Ciência pela UNESP de Bauru-SP (2008). Realiza pesquisas em Instrumentação para o Ensino de Física, divulga propostas de equipamentos inovadores aos ambientes/centros de educação informal (MCTs), e realiza pesquisas com referenciais da História e Filosofia da Ciência, racionalidade e pensamento crítico, para contribuir à educação científica. Tem vasta experiência em desenvolver experimentos didáticos, abastecendo aulas práticas dos cursos de graduação e pós-graduação. Também é o responsável por construir e constantemente reparar diversos experimentos de física, muitos deles automatizados ao público, do Museu de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual de Londrina.

Recebido: 27 de março de 2013

Aceito: 09 de julho de 2013