

Acurácia na retirada da medida instigada por uma estratégia de ensino de orientação kuhniana (*Accuracy in the withdraw of measure instigated by a kuhnian orientation teaching strategy*)

Carlos Eduardo Laburú¹, Osmar Henrique Moura da Silva¹ e Ana Cláudia Força²

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil

²*Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática,*

Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil

Recebido em 23/5/2011; Aceito em 3/2/2012; Publicado em 2/6/2012

Investiga-se uma estratégia de ensino que mantém um paralelo com a de Millar, sugerida em 1987, analisando se os estudantes obtêm medidas experimentais com melhor acurácia do que aqueles que não ficam submetidos a ela. Parte-se da hipótese de que conhecer previamente o valor da medida a ser obtida em um experimento faz com que os estudantes obtenham medidas com maior acurácia, pois ficam mais atentos e cautelosos com os procedimentos, refazendo-os quando a medida se desvia do valor por eles esperado, caso mais difícil de acontecer se eles desconhecem o valor do que estão medindo. A corroboração desta hipótese é feita por meio de tratamento estatístico (teste t) ao se analisar dois grupos (experimental e controle) de estudantes de nível médio, em situação real de sala de aula, realizando medidas em atividades experimentais de física. Considerações a respeito da consequência dos resultados desta pesquisa em relação ao uso de estratégias didáticas investigativas de inspiração em teste de hipóteses ou de aplicação de uma teoria são também apresentadas.

Palavras-chave: medida, Ensino Médio, física, acurácia, estratégia de ensino kuhniana, pesquisa quantitativa.

In this article we investigate a teaching strategy that is similar to that proposed in 1987 by Millar, where we analyze whether students obtain more accurate experimental data or not when submitted to the strategy. The working hypothesis is that if students have previous knowledge of the value they are supposed to obtain out of an experiment, they get more accurate results since they go through it more cautiously and attentively; when their results deviate from the expected value, they retrace their steps, something which does not happen in case they do not know the values beforehand. We corroborate our hypothesis through a statistical test (Student's t -test) applied to two sets of high-school students (experimental and control groups) in a real classroom situation, during experimental classes. We present and consider the consequences of our results when compared to the use of investigative didactic strategies based on hypotheses testing or theory application.

Keywords: measure, high school, physics, accuracy, kuhnian teaching strategy, quantitative research.

“Também temos o direito de pensar que se os observadores não tivessem sabido previamente quais valores deveriam obter, seus resultados teriam apresentado uma incerteza ainda maior.”²

1. Introdução

A atividade experimental em educação científica além de desencadear a motivação pode impulsionar a aprendizagem de conteúdos para níveis mais significativos, sendo também auxiliadora do desenvolvimento epistemológico do inquirir científico, ao instigar os estudantes em habilidades cognitivas, de atitudes e práticas [2, 3, p. 27, Wellington apud 4, p. 323, 5, p. 626, 6-9]). O desenvolvimento dessas habilidades é fundamental

para que os seguintes passos sejam satisfatoriamente realizados: formular questões, propor hipóteses, planejar experimentos e realizar investigações práticas para culminar no teste de hipóteses ou para exercitar um paradigma, definir e conduzir observações sistemáticas, organizar e impor uma ordem intelectual aos dados, interpretar e extrair conclusões dos resultados, replicar experimentos [10].

Visando aprimorar essas habilidades, o desenvolvimento de atividades didáticas atrela-se ao estudo das

¹E-mail: osmarh@uel.br.

²Citação do cosmólogo Dennis Sciama a respeito dos resultados diferentes obtidos pelos astrônomos que tentaram observar o desvio da luz de estrelas causadas pelo campo gravitacional do Sol e que fora previsto pela teoria da Relatividade Geral de Einstein [1, p. 92b].

mais variadas estratégias de ensino, estando estas inspiradas comumente em orientações instrucionais fundamentadas em teste de hipóteses ou em aplicação de um paradigma, com inclinações de origem, respectivamente, popperiana e kuhniana, ou ainda segundo uma orientação indutivista, epistemologicamente mais criticável. Sejam quais forem as opções instrucionais, todos esses objetivos envolvem alguma confrontação entre teoria(s) e evidência e implicam, assim, estabelecer relações entre variáveis, processar dados e usá-los para suportar uma conclusão.

Na preocupação de auxiliar reflexões educacionais para o desenvolvimento dessas habilidades nos estudantes, o presente trabalho realiza uma comparação das acurácias das medidas fornecidas por aprendizes em atividades experimentais quantitativas baseadas em duas orientações didáticas distintas. Numa das orientações, o estudante conhece o valor da medida a ser encontrado no experimento fornecido pelo professor, enquanto na outra orientação o estudante desconhece esse valor. A primeira orientação inspira-se na proposta de Millar [11], que vem amparada no modelo epistemológico de Kuhn [12, 13] e originalmente sugerida ao 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.

Dentro disso, esta pesquisa parte da hipótese de que estudantes ao conhecerem previamente o valor da medida a ser encontrada apresentam melhor acurácia do que aqueles que não a conhecem. A corroborar essa hipótese apresenta-se a análise apoiada em um tratamento estatístico (test t) entre sujeitos que conhecem o dado previamente e que o desconhecem.

2. Orientação kuhniana de Millar e acurácia das medidas

Num antigo trabalho de 1987, Millar discute o papel do experimento para o ensino de ciências. Critica a imagem popular sobre a ciência como sendo aquela em que os conhecimentos são descobertos no laboratório por experimentos que lhes garantem validade, fidedignidade e, por isso, confiança. Põe em dúvida se uma particular demonstração realmente deixa claro o assunto ou é capaz de ajudar o aprendiz a construir significados. Ao mesmo tempo critica os experimentos escolares guiados por meio das estratégias de ensino por descoberta ou hipotético-dedutiva em razão dos resultados incertos que, muitas vezes, elas geram. Amparado pelo referencial epistemológico kuhniano, defende que a realização de experimentos escolares deveria expor um paradigma [11, p. 114]. Segundo esse referencial, é criticável as concepções comumente aceitas de que os

dados numéricos confirmem ou sirvam para indutivamente obter as teorias científicas [12, p. 229]. Isto porque a concordância entre teoria e experimento significa apenas concordância razoável, pois quase sempre a aplicação de uma teoria física implica alguma aproximação e, por conseguinte, não se espera que a teoria produza resultados totalmente precisos ou exatos, mas uma concordância possível com os dados [12, p. 229 e 231]. Kuhn diz que muita teoria é necessária antes dos resultados da medição obterem sentido. Inclusive, no momento em que toda teoria está disponível, ele chega a afirmar que a lei muito provavelmente já foi conjecturada sem que tenha havido recorrência à medição [12, p. 247]. Assim, a teoria tem um papel relevante na redução da dispersão dos dados [12, p. 241] e, em vez de lutar com os fatos, os cientistas tentam forçar a própria natureza a se conformar com a teoria, a qual ele não duvida. Por isso, segundo Kuhn, as leis da natureza são arquitetadas tão raramente apenas por inspeção dos resultados de medições feitas sem que haja um conhecimento prévio dessas leis, pois as medidas apresentam grandes dúvidas e incertezas. Muitas vezes, os resultados numéricos precisam ser aprimorados através de maior refinamento de técnicas e instrumentos que precisam ser inventados. É a teoria que leva a esses refinamentos, inventos e aproximações teóricas [12, p. 239 e 244]. Logo, os dados embutem dúvidas quando se vêm isolados de um paradigma que os analise e os enquadre; leis empíricas como as de Hooke ou Boyle-Mariotte são descobertas improváveis, diz ele. Em síntese, para esse autor, toda medição é dependente de um paradigma que a guie e só com ele é possível o cientista se orientar na tomada de decisão de como e do que medir, assim como, de qual valor numérico obter. Todavia, a função para as medidas é a de levar ao limite o refinamento do paradigma, por meio do aprimoramento das técnicas, instrumentos e aproximações teóricas. Nessas condições, as medidas são geradoras de crise do paradigma ou determinam, nessa situação, a escolha entre teorias, confirmando uma delas [12, p. 258].

Assim como para Kuhn [12, p. 232], o treinamento do cientista envolve aprender um paradigma e a solucionar problemas “exemplares”, tal qual uma solução teórica ou experimental, ou mesmo um esquema ou aplicação, para Millar, os experimentos escolares de ciências também deveriam ser implicações de paradigmas [11, p. 114]. Da mesma forma que um paradigma define o campo sob questão, fazer um experimento escolar é expor um paradigma e não descobrir um conhecimento ou checar hipóteses. É somente por meio da utilização dos conhecimentos aprendidos, logo, de uma expectativa prévia, que os estudantes conseguem dar sentido aos resultados experimentais, a fim de que estes apareçam e se ajustem aos modelos esperados. Mas observa que a existência de desacordos a respeito dos significados e interpretações da evidência é uma condição normal da ciência e da dificuldade ine-

rente da mesma em extrair um conhecimento da recalcitrante natureza. Geralmente, o consenso é alcançado pela comunidade científica somente após uma extenuante discussão. Por comparação, Millar entende haver necessidade de se priorizar e dedicar um maior tempo para negociar, discernir e avaliar os resultados de um experimento escolar, frente à teoria ensinada, do que consumir excessivo tempo em ficar executando a atividade empírica [11, p. 115]. Conclui que uma maneira de observar se um aprendiz efetuou corretamente um experimento é inspecionando se os seus resultados obtidos concordam com as expectativas esperadas da teoria aprendida. Compartilhando essa leitura, Hodson [apud 14, p. 113a] considera, igualmente, que o principal objetivo do ensino de ciências é fazer com que os estudantes aprendam as teorias vigentes e saibam adequadamente aplicá-las aos fenômenos. Nesse sentido, a maior parte do trabalho de laboratório na escola deveria se concentrar na aplicação da teoria, o que Gil [14] interpreta, também, como uma perspectiva baseada na ciência normal de Kuhn.

Tendo em vista as considerações precedentes, é possível perceber a relevância da medida nos experimentos escolares visto que toma parte das atividades pedagógicas para decidir entre teorias, testar ou até verificar uma teoria específica. A medida tem seu papel em resolver dificuldades na interpretação dos dados e tornar os estudantes conscientes de que existem incertezas inerentemente associadas ao processo de aquisição desses dados e, nesse sentido, a importância em diminuir os erros experimentais para evitar que se mascare a ausência de covariação entre grandezas físicas. Um enfrentamento satisfatório de tais considerações passa pela diminuição das dispersões experimentais, o que significa fazer com que os estudantes procurem obter medidas com maior qualidade.

Com essa preocupação em mente, investiga-se aqui o efeito do emprego da estratégia de ensino de Millar [11] com o objetivo específico de apurar a qualidade das medidas extraídas pelos estudantes quando realizam atividades experimentais quantitativas. Todavia, antes é preciso esclarecer que o aproveitamento de sua idéia neste estudo foi feito por aproximação ou analogia. Quer-se dizer com isso que a intenção de Millar foi o de expor um paradigma, no sentido dos conhecimentos escolares aprendidos cumprirem essa função, enquanto a presente proposta esteve tão somente a fazer com que o estudante possuísse uma expectativa já conhecida do valor da medida, ou seja, que ele de antemão soubesse o valor a ser encontrado no experimento. Quanto à referência pedagógica, porém, na essência, a proposta sugerida equivale a do autor [11]. A razão disso é a seguinte. Assim como os cientistas tentam forçar a natureza a se conformar com a teoria por meio de um paradigma, em vez de lutarem contra os fatos, para Millar, baseado nessa visão kuhniana, uma interpretação coerente dos resultados de um

experimento escolar deve ficar submetida ao domínio e previsão do contexto teórico aprendido pelo sujeito, anterior à realização experimental. Isto determina que à luz de uma compreensão teórica prévia, ou no caso do presente estudo, de uma expectativa de resultado, o experimento deve se conformar e ajustar para que seus valores apareçam.

Nesse sentido, a hipótese já mencionada a ser aqui investigada, de que os estudantes ao conhecerem antecipadamente o resultado a ser obtido da atividade experimental extraem-no maior acurácia [15, p. 69], pode se justificar pelos seguintes comportamentos presumidos: os estudantes que conhecem de antemão o valor a ser medido têm maior preocupação em refazer o experimento e analisam os passos realizados mais de uma vez, pois tentam entender o que deu errado quando o valor extraído se desvia do esperado por eles. Consequentemente, ao refazerem a atividade, revisam-na com mais cautela do que da primeira realização e ficam mais atentos aos detalhes, corrigindo e melhorando procedimentos, com o objetivo de tirar a medida pretendida; acabam, assim, por investir maior tempo e dedicação ao experimento, às discussões com seus colegas e professor, já que um maior afincamento se potencializa na tentativa de corrigir o resultado, tendo-se, com isso, melhorado a qualidade do dado experimental. Esses aspectos, por outro lado, seriam menos percebidos em atividades experimentais em que o resultado a chegar é desconhecido. Neste caso, o motivo está no fato de o estudante “trabalhar no escuro”, visto que qualquer resultado por ele alcançado pode ser considerado certo, sem necessitar de maiores reflexões e refinamentos, porquanto lhe falte um parâmetro de comparação para avaliar se há discrepância ou não do resultado obtido.

3. Metodologia

A amostra constituiu-se de 80 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Colorado – PR, pertencentes a duas turmas iguais de 40 integrantes. Especificou-se como turma 1 a que realizou o experimento para achar o valor da aceleração da gravidade local, e de turma 2 a que realizou o experimento para determinar o valor da densidade de um óleo de cozinha. Cada turma foi dividida em dois grupos de 20 estudantes, um grupo experimental e outro de controle. Cada grupo experimental foi submetido à estratégia de ensino em que os sujeitos conheciam previamente o valor da medida. Já os dois grupos de controle das duas turmas realizaram suas experiências, mas desconhecendo o valor da medida.

Cada grupo de vinte integrantes de ambas as turmas foi subdividido em dez subgrupos de dois estudantes. Logo, com cada subgrupo realizando a atividade empírica isoladamente, permitiu-se alcançar dez medidas do grupo experimental e dez do grupo de controle para serem comparados na atividade experimental das

turmas 1 e 2.

A atividade empírica apresentada aos dois grupos da turma 1 foi o clássico experimento da determinação da aceleração da gravidade, utilizando um pêndulo contendo uma bola de sinuca presa a um barbante. Para a obtenção dos dados, juntamente com o pêndulo, foi também entregue a cada subgrupo um suporte universal com garra para amarrar o barbante, uma trena e um cronômetro digital com precisão de centésimos de segundo. Através da medida do comprimento e do período do pêndulo, em que se instruiu os estudantes a contar duas oscilações, dividindo o tempo total por dois, eles encontravam o valor experimental da aceleração gravidade local pela expressão $g = (2\pi)^2 L/T^2$. O grupo experimental foi informado do valor teórico ($g = 9,7851 \text{ m/s}^2$).

Para a turma 2 foi entregue a cada subgrupo um litro de óleo de soja, um Becker de 1000 mL e uma balança de precisão de décimos de grama. Os estudantes foram instruídos a usar a balança e a medir o volume da substância a critério de cada subgrupo, para usar na expressão $d = m/V$. Também, na turma 2, apenas ao grupo experimental foi informado a respeito do valor tabelado da densidade do óleo ($\mu = 0,9166 \text{ g/mL}$).

As medidas fornecidas pelos subgrupos foram subtraídas do respectivo valor alvo, obtendo-se desvios absolutos em relação a este. Assim, foram obtidos dez desvios de cada grupo. De cada grupo, calculou-se uma média proveniente dos valores dos dez desvios dos subgrupos. Logo, foram tiradas quatro médias: uma do grupo experimental e uma do grupo de controle da turma 1; uma do grupo experimental e uma do grupo de controle da turma 2.

Em cada turma, a comparação entre os grupos experimental e controle ocorreu com as duas médias dos desvios absolutos em relação ao valor alvo, ao se averiguar qual deles, a partir dessas médias, apresentou

maior qualidade em termos de acurácia, levando em conta o teste estatístico *t de student*. Todos os subgrupos tiveram liberdade em proceder com a repetição ou não da experiência para selecionar ou não uma medida entre outras, e mesmo fornecer uma medida final por meio de uma média entre algumas medidas consideradas.

4. Resultados

As duas tabelas apresentadas incluem os valores fornecidos por cada subgrupo e os desvios absolutos calculados desses valores em relação ao valor alvo teórico. O teste aplicado à análise das variâncias (teste F; $\alpha = 0,05$) dos valores dos grupos² de cada turma concluiu uma heterogeneidade em ambos os casos, admitindo prosseguir com o uso particular do teste *t* para variâncias não homogêneas.

O teste *t* uni-caudal ($t_{cal} = -2,94$; $\alpha = 0,01$) para amostras independentes da Tabela 1 indica que há uma diferença significativa entre a média dos desvios absolutos do grupo experimental Ge ($M = 0,4059$) e a média dos desvios absolutos do grupo de controle Gc ($M = 1,171$), com uma confiança de 99%.

O teste *t* uni-caudal ($t_{cal} = -3,54$; $\alpha = 0,01$) para amostras independentes da Tabela 2 indica que há uma diferença significativa entre a média dos desvios absolutos do grupo experimental Ge ($M = 0,00976$) e a média dos desvios absolutos do grupo de controle Gc ($M = 0,03962$), com uma confiança de 99%.

Esses resultados encontrados nas duas turmas foram coincidentes e permitem concluir que estudantes com conhecimento prévio do valor da medida estatisticamente tendem a encontrar a medida com um menor desvio, logo, alcançam maior acurácia do dado experimental.

Tabela 1 - Valores fornecidos - turma 1.

Valores das medidas para a aceleração da gravidade										
Ge	9,529	9,710	9,201	9,534	9,377	9,221	9,145	9,229	9,400	9,445
Gc	9,035	10,420	8,651	8,926	8,721	10,569	9,738	7,065	8,402	12,119
Desvios absolutos dos valores das medidas em relação ao valor teórico (9,7851 m/s ²)										
Ge	0,256	0,075	0,584	0,251	0,408	0,564	0,640	0,556	0,385	0,340
Gc	0,750	0,635	1,134	0,859	1,064	0,784	0,047	2,720	1,383	2,334

Tabela 2 - Valores fornecidos - turma 2.

Valores das medidas para a densidade do óleo										
Ge	0,8858	0,9273	0,9121	0,906	0,9128	0,9033	0,915	0,9158	0,896	0,9175
Gc	0,8823	0,9223	0,8918	0,9768	0,8215	0,9245	0,882	0,8865	0,8915	0,8895
Desvios absolutos dos valores das medidas em relação ao tabelado (0,9166 g/mL)										
Ge	0,0308	0,0107	0,0045	0,0106	0,0038	0,0133	0,0016	0,0008	0,0206	0,0009
Gc	0,0343	0,0057	0,0248	0,0602	0,0951	0,0079	0,0346	0,0301	0,0251	0,0271

²Valores com distribuição normal.

5. Reflexão sobre os resultados

Uma implicação importante dos resultados deste trabalho relaciona-se às inserções de atividades didáticas provenientes do estudo de variadas estratégias de ensino que se inspiram corriqueiramente em orientações fundamentadas em teste de hipóteses ou em aplicação de um paradigma.³ Nesse sentido, a corroboração da hipótese investigada sugere o emprego de estratégias instrucionais de inclinação kuhniana, determinação de constantes ou comparação entre hipóteses, todas com resultados antecipadamente conhecidos pelo aprendiz anteriores as estratégias que usem valores desconhecidos, como as de teste de hipóteses ou que estudem possíveis covariações entre grandezas físicas.

Como não se espera que uma teoria produza resultados totalmente precisos ou exatos, mas uma concordância possível com os dados, as instruções de inclinação kuhniana são preferíveis, num primeiro momento instrucional, por permitirem melhor preparar o estudante à noção de erro experimental, tendo-se em consideração os argumentos sobre os comportamentos⁴ dos estudantes dos grupos experimentais.

6. Considerações finais

O trabalho mostrou que estudantes do Ensino Médio obtêm maior acurácia na medida quando a conhecem previamente. Tal resultado foi fruto da mudança de atitudes necessárias à realização de atividades experimentais quantitativas. Todavia, a mudança dessas atitudes não foi objeto sistemático do estudo, já que mereceria outra pesquisa mais apropriada e metodologicamente adequada para descrição mais aprofundada e controlada dos seus aspectos. Caso uma futura investigação caminhe nesse sentido, a leitura da estratégia de Millar [11] aqui proposta vem favorecer entendimentos referentes à mudança de atitudes e comportamentos relativos à atividade experimental dos estudantes, gerando, como conseqüência, dados com maior acuidade.

Dentro das investigações que tratam do processo educacional de medição, talvez a maior contribuição deste trabalho esteja em direcionar estudos para o enfrentamento do resistente “paradigma pontual” em direção ao “paradigma de conjunto”, assim denominados na literatura [20-22], o que de fato implica fazer com que estudantes do Ensino Médio tomem consciência da inerente existência de erros experimentais nas medições. Dentro disso, poder-se-ia perguntar se aprendizes que conhecem previamente a medida a ser obtida não chegam a perceber com mais facilidade e clareza a existência de erros experimentais, posto haver um limite para melhorar o dado experimental e este limite é o dos erros sistemáticos e estatísticos? Com essa

última pergunta esperamos deixar a motivação deste trabalho para uma futura investigação.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao CNPq, Fundação Araucária e Faepe/UEL.

Referências

- [1] S. Bergia, Scientific American Brasil **edição**, 88 (sem data)
- [2] C.E. Laburú, *Investigações em Ensino de Ciências* **2**, 1 (2005).
- [3] J.R. Watson, J.R.L. Swain and C. Mcrobbie, *International Journal of Science Education* **26**, 25 (2004).
- [4] J. Lavonen, J. Jauhainen, I.T. Koppen and K. Kurki-Suonio, *International Journal of Science Education* **26**, 3 (2004).
- [5] M-G. Séré, *Science Education* **86**, (2002).
- [6] P.E. Hirvonen and J. Viiri, *Science & Education* **11**, 305 (2002).
- [7] M. Welzel, K. Haller, M. Bandiera, D. Hammelev, P. Koumaras, H. Niedderer, A. Paulsen, K. Robinault and S. von Aufschneider, *Labwork in Science Education* **6**, (1998). Acesso: <http://www.physick.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/projects/>.
- [8] P.J. Germann and R.J. Aram, *Journal of Research in Science Teaching* **33**, 7 (1996).
- [9] D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias* **12**, 3 (1994).
- [10] R. Millar, *Teaching Science*. Edited by Ralph Levinson (Open University, Routledge, 1994).
- [11] R. Millar, *Studies in Science Education* **14**, (1987).
- [12] S. T. Kuhn, *A Tensão Essencial. Biblioteca de Filosofia Contemporânea* (Edições 70, Lisboa, 1977).
- [13] S.T. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Editora Perspectiva, São Paulo, 1987).
- [14] D. Gil, *Enseñanza de las Ciencias* **4**, 2 (1986).
- [15] J.H. Vuolo, *Fundamentos da Teoria de Erros* (Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1992).
- [16] R.L. Ponczek, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **26**, 2 (2009).
- [17] A.I. Pereira and F. Amador, *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias* **6**, 1 (2007).
- [18] F.L. Silveira and F. Ostermann, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, número especial (2002).
- [19] Á. Vásquez and M.A. Massareno, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, 3 (1999).
- [20] C.E. Laburú, O.H.M. Silva and D. Sales, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **32**, 1 (2010).
- [21] Z. Kanari and R. Millar, *Journal of Research in Science Teaching* **41**, 7 (2004).

³Desconsiderando comentários comparativos de uma possível orientação indutivista ou por descoberta, dado as críticas que a elas se têm feitas ([16, p. 297 e 310, 17, p. 113, 18, p. 7, 19, p. 378]).

⁴Maior afinco com a atividade experimental, mostrando despender mais tempo, dedicação e discussão com os pares e o professor.

- [22] A. Buffler, S. Allie, F. Lubben and B. Campbell, International Journal of Science Education **23**, 11 (2001).
- [23] L. D'hainaut, *Conceitos e Métodos da Estatística – Volume 1 – Uma Variável a Uma Dimensão* (Fundação Caloute Gulbenkian, Lisboa, 1997), 2^a ed.