

---

# INFLUÊNCIA DO INSTRUMENTO NA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DECORRENTE DO ENSINO DE LABORATÓRIO EM FÍSICA

---

*Arion de Castro Kurtz dos Santos*

Depto de Física – FURG

Rio Grande – RS

*Carlos Ernesto Levandowski*

Instituto de Física – UFRGS

Porto Alegre – RS

## Introdução

É desnecessário argumentar em favor da experimentação na Física, pois está em sua essência. Da mesma forma, não é preciso defender a atividade experimental no ensino da Física, visto que está igualmente em sua razão de ser. Todavia, os efeitos do ensino de laboratório na aprendizagem da Física passam muitas vezes despercebidos principalmente porque são medidos com instrumentos inadequados. Isso pode levar à falsa conclusão de que a atividade de laboratório, a experimentação, pode ser deixada de lado no ensino de Física sem maiores prejuízos para a aprendizagem do aluno.

Em razão disso nos propusemos a fazer um estudo, com alunos do ensino médio de escolas de Porto Alegre, que inicialmente testasse a hipótese de que com um instrumento que medisse apenas a aprendizagem de conteúdo de maneira objetiva convencional<sup>+</sup>, não seriam detectadas diferenças devidas ao ensino de laboratório. Isto é, se a aprendizagem de conteúdo fosse medida com um teste usual de lápis e papel, a atividade

---

\* Trabalho parcialmente financiado por CAPES e FINEP.

+Um teste objetivo convencional deve ser aqui entendido como aquele composto somente por questões objetivas retiradas em sua maioria de livros de texto convencionais que, em geral, visam preparar o aluno para a prova de Física do vestibular e estimulam a aprendizagem mecânica<sup>(8)</sup>.

experimental, em adição às aulas teóricas, aparentemente não faria diferença.

Em segundo lugar, procuramos também testar a hipótese de que mudando o tipo de ítem incluído no teste de avaliação da aprendizagem de conteúdo poder-se-ia detectar diferenças atribuíveis, em princípio, ao laboratório.

Esta pesquisa está de certa forma relacionada com outra na qual Gonçalves e Moreira<sup>(1,2)</sup>, usando instrumentos convencionais, não detectaram diferenças estatisticamente significativas, em termos de aprendizagem de conteúdo medida através de testes objetivos convencionais, comparando o ensino de laboratório estruturado com o não estruturado<sup>(3)</sup>. Está também relacionada com outros estudos nos quais Moreira<sup>(4)</sup> e Passos<sup>(5)</sup> utilizaram uma abordagem não tradicional à avaliação do ensino de laboratório. Mais recentemente, Jamett<sup>(6)</sup>, em uma pesquisa sobre análise do currículo e da aprendizagem no ensino de laboratório, também fez uso de diferentes instrumentos para investigar aprendizagens decorrentes do ensino de laboratório.

Passemos agora à descrição do que foi feito. Como, na verdade, foram feitos dois estudos, por uma questão de clareza chamaremos de primeiro aquele que testou a primeira hipótese e, conseqüentemente, de segundo o que testou a segunda.

### Descrição e resultados do primeiro estudo

Neste estudo comparamos o ensino expositivo teórico convencional, acompanhado de experiências de laboratório adicionais, com o ensino expositivo tradicional exclusivamente teórico. Utilizamos para isso duas turmas da primeira série do ensino médio, uma do Colégio Nossa Senhora do Rosário e outra do Nossa Senhora das Dores, ambos de Porto Alegre. As duas turmas eram do turno da manhã, formadas por alunos da mesma faixa etária e as duas escolas foram por nós consideradas como do mesmo nível sócio-econômico e equivalentes em vários outros aspectos.

Testes idênticos, de conhecimento de conteúdo, foram aplicados antes e após o período instrucional (abril a agosto de 1984). O pré-teste mediu o conhecimento prévio em Matemática, enquanto que o pós-teste versou sobre a matéria lecionada pelos respectivos professores dos dois grupos durante a instrução. Isto é, mediu a aprendizagem de determinado conteúdo de Física (movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado e movimento circular uniforme) através de um teste Objetivo convencional.

A turma 101 do Colégio Rosário foi considerada como grupo experimental (com laboratório) enquanto que a turma 214 do Colégio das Dores foi tomada como grupo de controle (sem laboratório). O grupo experimental teve um total de oito experiências de laboratório, no período abrangido pelo estudo, versando sobre medidas, Algarismos significativos, erros, gráficos, movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado, queda livre e movimento circular uniforme. Não houve por parte dos pesquisadores nenhuma participação no processo instrucional. O ensino recebido pelos dois grupos foi exatamente o mesmo que recebem grupos similares a eles nas respectivas escolas.

Tabela 1 – Resultado dos testes de conhecimento – Primeiro estudo

	Grupo experimental (Rosário)			Grupo de Controle (Dores)			F*	F sig. ao nível 0,05	t	t sig. ao nível 0,05
	N <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>				
Pré	51	6,8	1,55	40	6,8	2,24	2,10	sim	0	não
Pós	42	8,5	2,80	33	7,6	2,24	1,56	não	1,59	não

\*F é o quociente entre as variâncias, t é a variável característica do teste de significância utilizado, X é a média dos escores, S é o desvio padrão dos escores e N é o número de alunos.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos por ambos os grupos tanto no pré como no pós-teste. Nos dois casos, o escore máximo era 16. Tais resultados indicam que os grupos diferiram significativamente em relação à distribuição dos escores do pré-teste, embora não tenham diferido em relação às medidas, que foram idênticas. No pós-teste, as diferenças entre as variâncias e as médias não foram estatisticamente significativas, porém, em razão da diferença entre as variâncias no pré-teste, procedemos a análise de covariância (ANCOVA<sup>(7)</sup>) para melhor interpretação dos resultados. Tomando como covariante ou variável de controle (variável independente) os escores do pré-teste de conhecimento e como critério ou variável dependente os escores do pós-teste de conhecimento foi possível con-

cluír, conforme mostra a tabela 2, que a diferença entre os efeitos dos dois tratamentos (i. é, aulas expositivas teóricas acompanhadas de experiências de laboratório x apenas aulas expositivas teóricas) sobre a aprendizagem de conteúdos de Física, tal como medida por um teste convencional de múltipla escolha, não foi estatisticamente significativa.

Tabela 2 – Resultados da ANCOVA- Primeiro estudo

Fonte	gl	SQ (ajustados)	MQ	F*
Tratamentos	1	49,4	49,4	1,67
Erros	71	2095,6	29,5	
Total	72	2145		

\*  $p > 0,05$

Quanto aos coeficientes de fidedignidade\* estimados para esses testes, na tabela 3, vemos que foram relativamente baixos. A maior homogeneidade dos escores do grupo experimental, no pré-teste, explica o fato de o coeficiente de fidedignidade estimado para esse grupo (0,52) ter sido inferior ao coeficiente estimado para o grupo de controle (0,73).

Tabela 3 – Coeficientes de fidedignidade estimados para os testes de conhecimento – Primeiro estudo

	Grupo Experimental	Grupo de Controle
Pré-teste	0,52	0,73
Pós-teste	0,57	0,55

#### Limitações e conclusão do primeiro estudo

A primeira limitação desse estudo diz respeito à aleatoriedade. Por motivos de ordem prática, não foi possível fazer a distribuição aleatória dos estudantes nos grupos experimental e de controle, já que os dois grupos escolhidos foram turmas da primeira série do ensino médio de escolas distintas. O uso de turmas de mesma série e mesma faixa etária de escolas distintas, uma como grupo experimental e outra como grupo de controle, foi então, por nós considerado como equivalente à utilização de duas turmas de uma mesma escola, já que os fatores que

\* Alfa de Crobach<sup>(10)</sup>.

duas turmas de uma mesma escola, já que os fatores que determinam a matrícula dos alunos em escolas admitidas como equivalentes não são mais nem menos relevantes que os determinantes da escolha, pela direção de uma certa escola, dos alunos que deverão compor as turmas a serem utilizadas pelo pesquisador como grupo experimental e de controle. Naturalmente, tal suposição pode não ser correta, daí ser reconhecida como fator limitante do estudo feito.

A segunda limitação diz respeito ao baixo número de experimento (oito, com duração de 40 minutos cada) feitos pelo grupo experimental, tendo sido essa quantidade equivalente à realização de um experimento em cada 15 dias, o que pode ser considerado relativamente pouco para ter um efeito apreciável sobre a aprendizagem.

Uma terceira limitação diz respeito ao fato de os coeficientes de fidedignidade dos instrumentos terem alcançado valores apenas razoáveis (de 0,52 a 0,73), ou seja, houve problema com os instrumentos de medida.

Outro fator que pode ser considerado como negativo no que concerne à validade interna do experimento é o fato de os grupos terem tido aulas com professores diferentes. Reconhecemos que foi uma deficiência do estudo não podermos controlar a variável professor.

Contudo, apesar destas e de outras possíveis fontes de invalidez interna do primeiro estudo, nos inclinamos a aceitar a hipótese de não diferença estatisticamente significativa entre os grupos no que se refere à aquisição de conteúdo, tal como medida através de um teste objetivo convencional.

Acreditamos que com o uso desse tipo de teste não se consegue obter evidências de que as atividades de laboratório contribuem decisivamente para o aprendizado da Física, inclusive para o que estamos aqui chamando simplesmente de conteúdo, i.é, conceitos, fenômenos, princípios, leis, teorias. Como dissemos no início, Jamett<sup>(6)</sup> mostrou que com outros tipos de instrumentos se pode detectar diferentes tipos de aprendizagem decorrentes do ensino de laboratório. Da mesma forma, mencionamos que Moreira<sup>(4)</sup> também mostrou que o ensino de laboratório pode ser avaliado de uma maneira não convencional.

Tal raciocínio nos levou à segunda hipótese, qual seja, a de que instrumentos contendo ítems que em princípio pudessem ser respondidos sem experiência de laboratório mas que, potencialmente, os fossem com maior facilidade por quem tivesse tido tal experiência, seriam capazes

de detectar diferenças estatisticamente significativas em favor do ensino expositivo teórico acompanhado de experiências de laboratório.

Em outras palavras, os testes usuais medem conhecimento daquilo que se encontra em qualquer livro e qualquer professor ensina usando apenas o quadro de giz. Tais instrumentos, em geral, medem o que Ausubel<sup>(8)</sup> chama de aprendizagem mecânica ou automática, na qual os novos conteúdos são armazenados na estrutura cognitiva de maneira literal e arbitrária.

### Descrição e resultados do segundo estudo

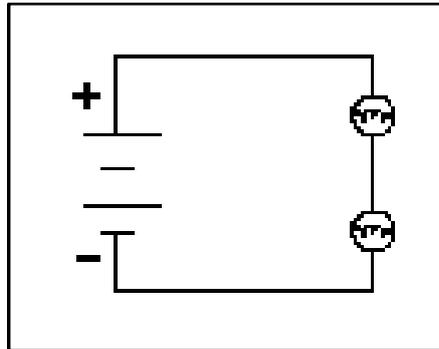
Neste caso, usamos duas turmas de terceira série do ensino médio de uma mesma escola de Porto Alegre, o Colégio Estadual Padre Rambo. A turma 301 constituiu o grupo experimental (aulas teóricas e de laboratório) e a turma 302 formou o grupo de controle (só aulas teóricas); a escolha foi feita ao acaso. As duas turmas eram do turno da manhã e receberam, do mesmo professor, aulas teóricas similares durante o período instrucional considerado no estudo (maio a agosto de 1984). As aulas de laboratório foram ministradas ao grupo experimental por um dos pesquisadores, em adição às aulas teóricas, aos sábados pela manhã e com frequência obrigatória. Os experimentos, realizados quinzenalmente, totalizando oito, com duração de duas horas cada um, durante o período instrucional foram os seguintes:

1. Confeção de material para experiências de eletricidade;
2. Como funciona um circuito;
3. Resistência elétrica e Lei de Ohm;
4. Resistências em série e em paralelo;
5. Experimentos simples com ímãs e bússolas;
6. Campo magnético produzido por uma corrente elétrica;
7. Como imantar um prego através de uma corrente elétrica;
8. Como induzir uma corrente elétrica com um ímã.

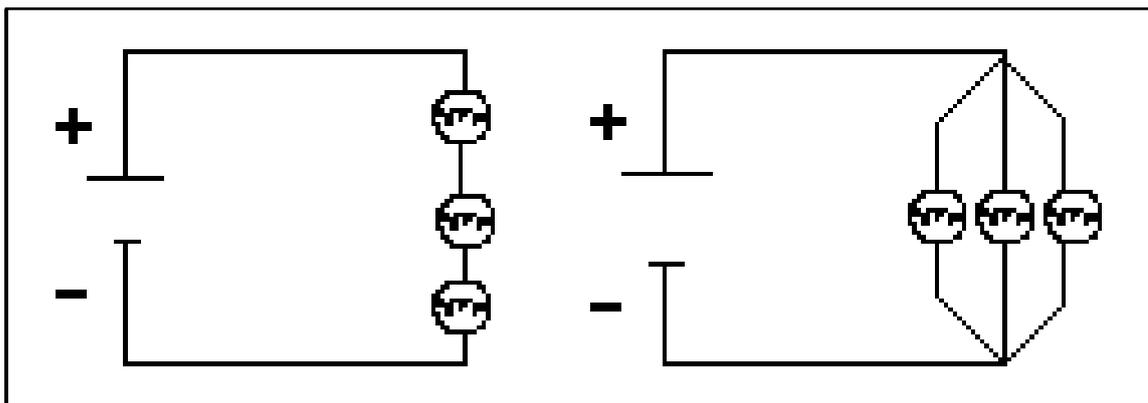
O conteúdo abordado nas aulas teóricas foi, naturalmente, Eletricidade e Magnetismo. Após o período instrucional, aplicamos um pós-teste de conhecimento envolvendo questões abertas que procuravam evidenciá-lo a partir da experiência concreta em laboratório. Embora pudessem ser igualmente resolvidos por alunos que não tivessem tido aulas de laboratório, os itens de tal instrumento eram, em princípio, mais facilmente respondidos pelos alunos que receberam esse tipo de aula.

A seguir são apresentados, a título de exemplo, quatro dos doze itens desse teste:

- O circuito da figura mostra duas lâmpadas e duas pilhas ligadas em série. As lâmpadas brilharão com a mesma intensidade? Justifique.



- Em qual dos circuitos abaixo, se uma das lâmpadas queimasse, todas apagariam? Por quê?



- Como você poderia mostrar, na prática, que o pólo norte de um ímã não pode ser separado do pólo sul?
- Se você dispusesse de pilhas, fios condutores e uma bússola, como procederia para verificar a produção de um campo magnético a partir de uma corrente elétrica?

É óbvio que tais itens favorecem os alunos que tiveram aula de laboratório (embora itens similares sejam facilmente encontrados nas escolas em testes propostos a estudantes que nunca tiveram uma experiência de laboratório), mas estávamos justamente testando a hipótese de que o

tipo de item determina a evidência de aprendizagem decorrente da experiência de laboratório.

A tabela 4 mostra os resultados obtidos pelos grupos experimental (turma 301, com laboratório) e de controle (turma 302, sem laboratório) em um pré-teste de conhecimento de Física, aos quais foram aplicados os testes de significância F e t<sup>(9)</sup>.

Nessa tabela vemos que os grupos experimental e de controle não diferiram significativamente com relação à distribuição dos escores do pré-teste nem com relação às médias. Tendo em vista que o pré-teste era de 21 questões e possui a validade de face, pois procurava medir o conhecimento de Física (Mecânica) antes do período instrucional, e como as médias referem-se ao escore bruto do aluno, consideramos os dois grupos como, inicialmente, de mesmo nível (aliás, bastante baixo) em conhecimento de Física. Evidentemente, devido à homogeneidade dos escores, os coeficientes de fidedignidade<sup>(10)</sup> estimados para o pré-teste de conhecimento, nos dois grupos, foram muito baixos (da ordem de 0,20).

Tabela 4 – Resultados do pré-teste de conhecimento no segundo estudo.

	N	X	S	F	F sig. ao nível 0,05	t	t sig. ao nível 0,05
Grupo Experimental (turma 301)	31	5,48	2,2	1,49	não	0,84	não
Grupo de Controle (turma 302)	15	4,93	1,8				

Após o período instrucional, foi aplicado um pós-teste de conhecimento, já referido, composto por 12 questões abertas (cada qual valendo, no máximo, seis pontos), cujos resultados são expostos na tabela 5. Em razão do reduzido número de alunos do grupo de controle nessa oportunidade, fizemos uso do teste de significância não paramétrico “Mann Whitney U test”<sup>(11)</sup>.

Tabela 5 – Resultados do pós-teste de conhecimento no segundo estudo.

	N	X	U*	Dif. sig. ao nível 0,05
Grupo experimental	24	32,9	1,59	sim

Grupo de controle	8	18,9
-------------------	---	------

\*U é a variável característica do teste de significância usado.

A tabela 6 é uma tabela de contingência 2x2 apresentando as desistências ocorridas nos grupos experimental e de controle. O valor de qui quadrado<sup>(11)</sup>, obtido para essa tabela, é de 2,69, não significativo ao nível 0,05. Ou seja, embora aparentemente tenha havido uma desistência mais acentuada no grupo de controle do que no experimental, a diferença não foi estatisticamente significativa.

Tabela 6 – Desistências nos dois grupos – segundo estudo

	Não desistentes	Desistentes	Total
Grupo experimental	24	7	31
Grupo de controle	8	7	15
Total	32	14	46

Convém destacar que os oito alunos não desistentes do grupo de controle provavelmente foram os melhores, visto que conseguiram acompanhar o curso com um desempenho razoável nas provas de Física, segundo informações do professor.

Com relação aos coeficientes de fidedignidade estimados para o pós-teste de conhecimento aplicado aos dois grupos, na tabela 7 vemos que os mesmos foram apenas razoáveis (0,57 e 0,66). Entretanto, conforme Silveira<sup>(12)</sup>, a constatação de uma diferença estatisticamente significativa nas médias é suficiente para garantir a fidedignidade das medidas, pois sem fidedignidade não é possível verificar essa diferença. Os testes foram então suficientemente fidedignos.

Tabela 7 – Coeficiente de fidedignidade do pós-teste de conhecimento no segundo estudo.

Grupo experimental	0,66
Grupo de controle	0,57

#### Limitações e conclusão do segundo estudo

Novamente aparece aqui como limitação a falta de aleatoriedade na seleção das amostras. Por motivo de ordem prática, não foi possível escolher de maneira aleatória os estudantes que formaram os grupos

experimental e controle, pois tais grupos eram turmas já formadas na terceira série de uma mesma escola.

A segunda limitação, referente ao segundo estudo, diz respeito ao fato de as aulas de laboratório terem sido ministradas aos sábados pela manhã, o que, embora obrigatórias, contribuiu para uma redução da frequência dos alunos.

Uma terceira limitação se refere ao fato de os coeficientes de fidedignidade dos pré-testes terem sido muito baixos, o que pode deixar dúvidas quanto à equivalência das turmas em termos do conhecimento inicial de Física. Por outro lado, cabe lembrar que, em ambos os grupos, os escores médios foram muito baixos.

Outra possível fonte de invalidade interna deste estudo tem a ver com o fato de que as aulas de laboratório foram ministradas não pelo próprio professor da turma experimental (o mesmo da de controle) e sim por um dos pesquisadores. Naturalmente podem decorrer daí os efeitos novidade e pesquisador.

Embora cientes de tais limitações, e de outras não aventadas, optamos por rejeitar a hipótese nula e aceitar a hipótese de que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os escores finais dos dois grupos. Com isso, concluímos pela confirmação da hipótese de que um instrumento contendo itens, em princípio, mais facilmente respondíveis por alunos que tivessem tido experiências de laboratório, seria capaz de detectar diferenças estatisticamente significativas em favor do ensino expositivo acompanhado desse tipo de experiência.

### Conclusão

Foram relatados dois estudos onde se procurou mostrar experimentalmente que a evidência de aprendizagem decorrente do ensino de laboratório é função do tipo de instrumento usado para avaliar tal aprendizagem. No primeiro estudo comparamos um ensino expositivo convencional puramente teórico com um ensino expositivo também convencional porém acompanhado de aulas de laboratório adicionais. Usando um teste usual de escolha múltipla, não detectamos diferença estatisticamente significativa entre os grupos em termos de conhecimento adquirido. No segundo, fazendo o mesmo tipo de comparação, detectamos diferença significativa, em favor do ensino com laboratório, usando um instrumento contendo itens que poderiam, em princípio, ser mais facilmente resolvidos por alunos que tivessem tido aulas de laboratório.

Ambos os estudos contêm falhas, decorrentes principalmente da dificuldade de se fazer pesquisa com turmas intactas em situações reais de sala de aula. Além disso, parece que fizemos um grande esforço para mostrar o óbvio, ou seja, que a evidência de aprendizagem é função do instrumento de avaliação. De fato, o esforço foi grande e os resultados parecem óbvios, mas cremos que tocamos em pontos cruciais: a avaliação da aprendizagem e a importância do laboratório no ensino da Física. Estes estudos mostraram, de maneira muito simples, como os instrumentos de avaliação influenciam os resultados obtidos. Nessa linha, obtivemos dados indicativos de que a relevância da experiência de laboratório na aprendizagem da Física não é detectada pelos instrumentos tradicionalmente usados pelos professores. Tal fato pode, inclusive, levar ao conformismo, ou à conveniência, de não dar aulas de laboratório por que “não faz diferença”. Basta que se avalie adequadamente para ver que faz diferença e, provavelmente, muita.

Os resultados desses estudos foram confirmados em outro do mesmo tipo, cujo relato está ainda sendo elaborado pelos autores.

#### Referências Bibliográficas

1. GONÇALVES, E.S. & MOREIRA, M.A. Laboratório estruturado versus não estruturado: um estudo comparativo em um curso convencional. *Rev. Bras. Fis.*, 10(2): 389-402, 1980.
2. MOREIRA, M.A. & GONÇALVES, E.S. Laboratório estruturado versus não estruturado: um estudo comparativo em um curso individualizado. *Rev. Bras. Fis.*, 10(2): 367-81, 1980.
3. MOREIRA, M.A. & LEVANDOWSKI, C.E. Diferentes abordagens ao ensino de laboratório. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983. 117 p.
4. MOREIRA, M.A. A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses. *J. Sci. Educ.*, 2(4): 441-8, 1980.
5. PASSOS, A.M.F. & MOREIRA, M.A. Avaliação do ensino de laboratório: uma proposta alternativa. *Rev. Bras. Fis.*, 12(2): 375-86, 1982.
6. JAMETT, H.D. Laboratório de Física: uma análise do currículo e da aprendizagem. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, 1985.
7. OSTLE, B. Estatística aplicada. México, Editorial Limusa, 1974. 629p.

8. AUSUBEL, D.P. et alii. Psicologia educacional. Rio de Janeiro, Intera-mericana, 1980. 625 p.
9. DARLINGTON, R.B. Radicals and Squares; statistical methods for the behavioral sciences. Ithaca, N.Y., Logan Hill Press, 1975. 597 p.
10. GUILFORD, J.P. Psychometric methods. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1975. 597 p.
11. SIEGEL, S. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York, McGraw-Hill, 1956. 312 p.
12. SILVEIRA, F.L. Fidedignidade das medidas e diferenças entre grupos em psicologia e educação. Ciênc. Cult., 33(5): 704-7, 1981.