

## A ENGENHARIA DIDÁTICA E A INFLUÊNCIA DE *SOFTWARE* NO ENSINO DE FÍSICA

Thales Cerqueira Mendes <sup>1</sup>  
Moacir Souza Filho <sup>2</sup>

### RESUMO

Tomando como foco a iniciação científica para o Ensino Médio, especificamente para o ensino de Física, foi elaborada uma sequência de ensino sobre inferência estatística com o método de regressão, no programa Microsoft Office Excel® (Excel), seguida de uma contextualização com a Lei Hooke. Essa sequência foi aplicada para onze alunos do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano – campus Senhor do Bonfim, em quatro trabalhos de pesquisa com experimentação em Física. Um sobre dilatação de sólidos, outro sobre movimento harmônico simples, um terceiro sobre radiação solar e, por último, um sobre entalpia de combustão. Tomando como aporte metodológico a Engenharia Didática, faz-se uma análise da influência do programa estatístico (e da inferência estatística utilizada nesses trabalhos) na experimentação para ensino de Física. Nessa análise, foi realizada uma comparação entre a avaliação inicial e a avaliação final feita com os alunos, em cada trabalho. Dessa forma, os dados dessas avaliações são categorizados (em conceituais e instrumentais) e discutidos em três referenciais teóricos (materiais potencialmente significativos, oposição ao reducionismo e ao verificacionismo). A influência do programa como suporte estatístico para tomada de conclusões é evidenciada nos quatro trabalhos realizados pelos alunos.

**Palavras-chave:** Experimentação, Avaliação, Estatística.

### INTRODUÇÃO

Algumas críticas são registradas na comunidade científica quanto à experimentação no ensino de Física: Citar-se-á duas. Uma, refere-se à necessidade de uma coleta de dados numerosa, quando com um número menor de medidas, o conceito envolvido no experimento estaria compreendido. Opõem-se claramente ao verificacionismo (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000).

A outra crítica é relacionada ao ensino de Física. Nele, as aplicações e as Leis são denotadas de uma perfeição que gera no aluno uma realidade distinta do seu cotidiano. Essa é contrária ao reducionismo (OFUGI, 2001). Da experimentação se emergem os erros (seja do instrumento, do operador, da propagação devido à operação matemática ou da estatística) e isso ajuda a amenizar esse contexto.

---

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - MS, [thacermen@gmail.com](mailto:thacermen@gmail.com).

<sup>2</sup> Departamento de Física, UNESP, Presidente Prudente- SP, [moacir@fct.unesp.br](mailto:moacir@fct.unesp.br).

Nesse contexto e por acreditar ser possível e motivador, para o professor e para o aluno, o uso da experimentação com foco na iniciação científica no Ensino Médio, faz-se uma análise da influência do Excel na inferência estatística utilizada para tomada de decisão, por parte dos alunos, em quatro experimentações.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Além dos aspectos citados anteriormente (o reducionismo e o verificacionismo) quanto a experimentação no ensino, alguns materiais (programas, livros, simuladores, roteiros, planos de aula, aula prática, sequências didáticas) tendem a facilitar a aprendizagem do aluno. Quando esses materiais se opõem a Aprendizagem Mecânica, no direcionamento de uma Aprendizagem Significativa, pode-se dizer que esse material facilitador é potencialmente significativo (AUSUBEL, 2003).

No contexto das ferramentas (materiais potencialmente significativos) que possibilitam, facilitam e intensificam a construção de sentido aos conceitos físicos, os programas de tabulação, tratamento, apoio gráfico, modelagem e simulação computacionais tem crescente destaque, principalmente para iniciação científica. Dessa forma esses programas põem-se como uma importante ferramenta, tanto para o aluno como para o professor, ajudando a esclarecer e aprofundar conceitos de Física no Ensino Médio (BARBOSA et al, 2006).

## METODOLOGIA

Essa pesquisa é qualitativa e se estreita com a Engenharia Didática (ARTIGUE, 2008). Nesse caso, utilizar-se-á da avaliação *a priori* e *a posteriori* para se produzir uma compreensão em relação a influência do Excel, em quatro experimentos, realizados por onze alunos. São discentes do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal Baiano – campus Senhor do Bonfim e executaram os experimentos em momentos extraclasse.

Para coleta dos dados, utilizou-se dos registros da avaliação diagnósticos (*a priori*). Quanto a avaliação final (*a posteriori*), usou-se dos relatos e da exposição dos alunos nas apresentações em eventos científicos e da percepção do professor-orientador quanto ao desenvolvimento (cognitivo). Para análise dessas avaliações, os dados foram categorizados em conceituais e instrumentais

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiro, apresentar-se-á resumidamente, a sequência de ensino aplicada aos alunos com a utilização do Excel e depois, um resumo da análise dos experimentos e a influência do programa.

### **A sequência de ensino com a utilização do *software***

A aplicação dessa atividade teve como objetivo a aprendizagem do método estatístico de regressão com a utilização do Excel, numa abordagem qualitativa e foi destinada aos onze alunos. Para que os alunos aplicassem esse método, foi utilizado um experimento com a Lei de Hooke. Isso ocorreu antes dos quatro experimentos e em momentos distintos.

Por questões estruturais na escrita desse trabalho a sequência de ensino não será descrita. Adiante, apresentar-se-á os pontos principais para o desenvolvimento da pesquisa desse trabalho.

O foco da sequência de ensino foi a aproximação do aluno com a regressão, com a utilização do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) - que emprega confiabilidade a linha de tendência, com a uso do coeficiente de correlação ( $R$ ) - que infere a relação entre as variáveis e uma aplicação na experimentação com um conteúdo de Física.

De fato, o tratamento qualitativo (uma vez que não há exposição das equações que determinam as regressões) dos dados foi facilitado pelo Excel. Ajudou no tempo de aplicação e na visualização, principalmente no momento da mudança dos dados na tabela pois a mudança provoca uma animação quase que imediata no gráfico.

### **Os quatro experimentos e a influência do *software***

O primeiro experimento (Exp) foi sobre dilatação de sólidos, onde foi determinado e comparado o coeficiente de dilatação linear de uma haste metálica. Posteriormente, um para determinar a aceleração da gravidade local através de um experimento de pêndulo simples e para realizar a comparação dos métodos estatísticos utilizados. Depois, um sobre a elaboração de um *software* para auxiliar o produtor rural na determinação dos dias de Sol a pino. E por último, um para comparar a eficiência energética de óleos (típicos da região do semiárido baiano) para biocombustíveis.

A *tabela 1* descreve a categorização (em conceituais e instrumentais) dos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento dos experimentos (numerados de 1 até 4), visualizado antes

(83) 3322.3222

[contato@conedu.com.br](mailto:contato@conedu.com.br)

[www.conedu.com.br](http://www.conedu.com.br)

de seu início. Nos itens que estão sublinhados, foi necessária intervenção por parte do professor-orientador. Essa necessidade decorreu da avaliação diagnóstica (*a priori*).

Tabela 1: Categorização dos pré-requisitos, da avaliação *a priori* e da intervenção.

Exp	Pré-requisitos e avaliação <i>a priori</i>	
	Conceitual	Instrumental
1	<u>Erros instrumentais, propagação de erros</u> , média aritmética simples e desvio padrão.	Manipular fórmulas (INCLINAÇÃO, INTERCEPTAÇÃO, MÉDIA, DESVPAD.A), tabelas, gráficos e funções de linha de tendência no software.
2	<u>Movimento harmônico simples (pêndulo simples)</u> , Lei da Gravitação de Newton, <u>trigonometria</u> .	Manipular fórmulas (MÉDIA), tabelas, gráficos e funções de linha de tendência no <i>software</i> .
3	<u>Coordenadas horizontais</u> e movimento aparente do Sol em relação a Terra.	Manipular o programa Stellarium® (planetário de código aberto).
4	Calorimetria e <u>entalpia de combustão</u> .	-

Fonte: autoria própria.

Relembra-se que antes desses experimentos, foi aplicada a sequência de ensino sobre regressão no Excel. Dessa forma, observa-se uma predeterminação no experimento 1 e 2 sobre a utilização dessa ferramenta. Porém, para o experimento 3 e 4, que possuem um caráter mais investigativo, a necessidade só foi visualizada posteriormente.

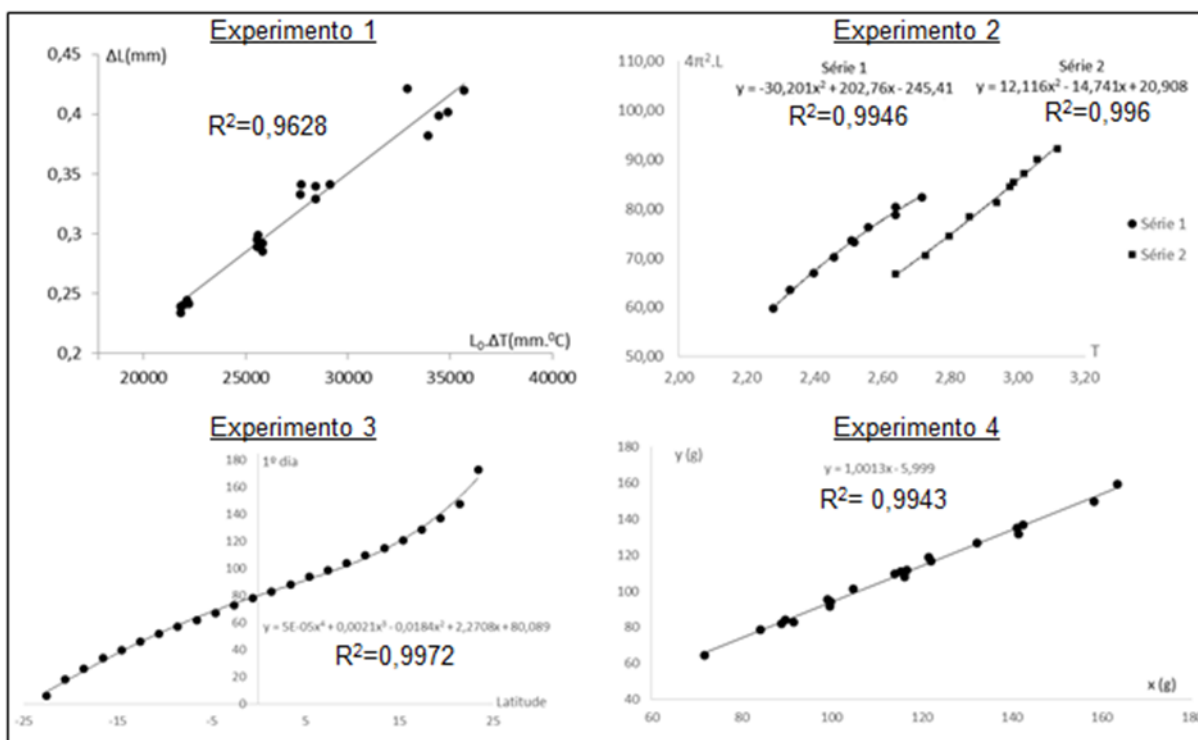
A seguir, mostrar-se-á que o desenvolvimento dos experimentos se deu por instrução da regressão e das inferências estatísticas no Excel. Para isso, fez-se um recorte dos gráficos elaborados pelos alunos no programa (*figura 1*). No experimento 1, para determinação do coeficiente de dilatação linear, foi construído um gráfico de dispersão com tendência linear e calculado o coeficiente de determinação,  $R^2$ . O  $R^2$  significa quanto os dados coletados se adequam ao modelo de regressão escolhido e esse valor é, aproximadamente, 96%.

O gráfico elaborado no experimento 2 foi para determinação e comparação da aceleração da gravidade local. Foi realizada a regressão quadrática, que retornou para série 1,

$R^2=0,9946$  e para série 2,  $R^2=0,996$ . Esse resultado, inferiu à necessidade da utilização da função logaritmo. Não pelo valor do coeficiente de determinação, mas pela regressão utilizada.

No experimento 3 (teve como objetivo a produção de um *software* no Excel, a partir da modelagem matemática de diferentes latitudes e datas de Sol a pino), após tratamento dos dados e modelagem matemática, foi feita a regressão somente para o 1º dia (1º dia por latitude) e apresentou resultado satisfatório com:  $R^2=0,9972$  ou 99,7%, aproximadamente, e  $R=0,9986$ , ou 99,9%, aproximadamente. Ou seja, houve uma correlação forte entre o 1º dia de Sol no zênite e a latitude.

Figura 1: Gráficos dos experimentos com exposição do  $R^2$ , resultado da regressão no Excel.



Fonte: autoria própria.

O gráfico do experimento 4, foi utilizado na determinação da capacidade térmica de um calorímetro para se obter o calor específico de óleos. No decorrer da experimentação foi necessário abandonar essa estratégia e construir um novo aparato experimental. Assim foi possível comparar a entalpia de combustão dos óleos.

No que se refere aos resultados obtidos nos experimentos (que são utilizados na avaliação *a posteriori*) já é notado influência da regressão e da inferência estatística, realizada no Excel, comum a todos os experimentos.

A tabela 2 descreve a categorização (em conceituais e instrumentais) dos resultados da avaliação final (*a posteriori*).

Tabela 2: Categorização da avaliação *a posteriori*.

Exp	Avaliação <i>a posteriori</i>		
	Conceitual	Instrumental	Participação em eventos
1	Dilatação de sólidos, erros instrumentais, propagação de erros, média, desvio padrão e regressão com tendência linear.	Manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística ( $R^2$ ) no <i>software</i> .	2 (pôster)
2	Movimento harmônico simples, Gravitação de Newton, trigonometria, logaritmo natural e regressão com tendência quadrática e linear.	Elaboração e manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística ( $R$ e $R^2$ ) no <i>software</i> .	5 (pôster e minicurso)
3	Movimento relativo do Sol à Terra, incidência da luz solar e regressão com tendência polinomial de quarta ordem.	Manipulação de fórmulas (MÉDIA), listas suspensas, funções específicas para pesquisa de valores e informações (PROCV), tabulação de dados, gráficos e inferência estatística ( $R^2$ e $R$ ) no <i>software</i> .	5 (pôster e comunicação oral)
4	Biocombustíveis, capacidade térmica, calor específico, entalpia de combustão, regressão com tendência polinomial de primeira (linear) e quarta ordem e integrais de Riemann.	Elaboração e manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística ( $R^2$ ) no <i>software</i> .	9 (pôster)

Fonte: autoria própria.



Nela consta, também, o número de participações dos alunos em apresentações nos eventos científicos. Parte da avaliação foi realizada pelos relatos na exposição nesses eventos.

Como exposto anteriormente, os gráficos com a inferência estatística aparecem em todos os experimentos. Nesse aspecto, os dados dessa *tabela 2* difere dos dados daquela *tabela 1*. Há indicativos que a sequência de ensino adotada com o Excel antes da experimentação guiou os alunos, mesmo em experimentos onde não havia predeterminação por parte do professor-orientador. Na coluna da categoria instrumental (*tabela 2*), a inferência estatística, advinda da regressão, aparece em todos os experimentos.

Quando se sintetiza os metatextos das avaliações dos experimentos e das apresentações dos alunos, observou-se nas experimentações a oposição ao verificacionismo. Percebe-se um número reduzido de repetições, mesmo quando o experimento foi mais investigativo (no caso do 3 e do 4). Ainda assim, uma discussão sobre a implacabilidade de poucas quantidades de dados foi abordada.

Buscou-se dar importância aos erros correlatos aos instrumentos, aos da propagação, aos do operador do experimento e os dos métodos estatísticos utilizados. Essa abordagem, intencional, no sentido contrário do reducionismo, eleva o cunho de aplicabilidade das Leis. Aqui, remete-se fortemente a inferência estatística (o  $R^2$  e o  $R$ ) proposta pela regressão, modelando os resultados. A modelagem se aproxima das Leis, mas não atinge 100% ( $R^2=1$ ).

O programa de tabulação e análise estatística para regressão (Excel), o *software* de coletada de dados para o experimente 3, além o kit da OBFEP sobre a Lei de Hooke (na sequência de ensino), constituíram-se como ferramentas importantes para o desenvolvimento das atividades por facilitarem o entendimento por parte do aluno (materiais potencialmente significativos).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se comparar a categorização das avaliações em seus estágios iniciais e finais, principalmente no que se refere ao papel da regressão e da inferência estatística para o desenvolvimento das experimentações, é notável um condicionamento. Esse, provavelmente causado pela aplicação da sequência de ensino supracitada com ajuda do Excel. Ainda, a abordagem da regressão com o *software* de análise estatística, exigiram transposição desse conteúdo (por parte do professor) e permitiram associações com os erros dando aplicabilidade as Leis e diálogo entre várias disciplinas (por parte dos alunos).

Embora essa análise tenha efeito local, acredita-se que possa motivar professores para aplicação de métodos na experimentação de Física, tomando como foco o ensino e a iniciação científica júnior.

## REFERÊNCIAS

- ARTIGUE, M. **Didactical design in mathematics education**. Nordic Research in Mathematics Education, pp. 7-16, 2008.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BARBOSA, A.C.C.; CARVALHAES, C.G.; Costa, M.V.T. **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino em Física, vol. 28, nº 2, pp. 249-254, 2006.
- MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. **A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da Física**. Ciência & Educação, vol. 6, nº 2, pp. 107-117, 2000.
- MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2001.
- OFUGI, R. C. **Inserção da teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta**. Florianópolis: UFSC, 2001.